

مقدمة في علم الفلك

تَالَيْفِ

عبد الحميد محمد بن عبد الله

وَكَيْلٌ مِّنْ رَّدِّ خِلْوَانَ

جميع الحقوق محفوظة للمؤلف

1989

الطبعة الأولى

مخطیعة دار الشرق

١٤٤٦ طبع المطبع الميمنية بالقاهرة

مقدمة في علم الفلك

تأليف

عبد الحميد محمد وسامحة

وكيل مصر لطلوع



جميع الحقوق محفوظة للمؤلف

١٩٤٩

الطبعة الأولى

مطبعة دار الشرق

٣٢٤ شارع الخليلي بالقاهرة

إهداء

إلى

جالي المرحوم الأستاذ محمد السيد كير

إلى ذكراك التي يعمر بها قلبي أهدني هذا الكتاب
وفاء بفضلك على فلقد كنت لي نعم الخال ونفسم الصديق

طيب الله ثراكَ وجعل سجنه مثواكَ ؟

المؤلف

تقديم

للمضيفة صاحبة العزة الدكتور محمد رضا مدور بك مدير المرصد الملكي

يسرني أن أتباحل هذه الفرصة لتقديم هذا المؤلف الجديد للاستاذ سماحه وكيل المرصد . والمؤلف لاشك معروف لقراءة من مؤلفاته السابقة كما هو معروف لى بقدرته على صوغ العبارة العلمية فى قالب عربى سهل العبارة واضح المعنى .

وأتمنى أن أنوه هنا بأهمية الدراسات الفلكية وعلى الأخص من الناحية الطبيعية التى تقدمت تقدما كبيرا فى الأعوام الأخيرة . فلم تعد الأجرام السماوية مجرد لآلى انتشرت على سطح القبة السماوية تسر الناظرين بل معملا مثاليا للدراسات الطبيعية ، حيث نجد - فى حالات طبيعية لا يمكن تهيتها فى معاملنا مهما بذلنا من مال وجهد - نجد بعض الأجرام السماوية حيث تبلغ كثافتها بضعة آلاف كثافة الماء ، وبعضها الآخر تقل كثافة مادته عن كثافة الهواء . كما أن كيفية أشعاع هذه الأجرام هو الذى أوحى إلينا بما تحتويه الذرة من الطاقة ومن ثم تسابق العلماء لاستنباطها .

إننا نعمل جاهدين بتوجيه من جلالة الملك حفظه الله ذخرأ للسكينة وراعيا للعلوم ، على النهوض بالدراسات الفلكية فى مصر التى حباها الله بنحو مثالى لهذا الغرض . ولا شك أن اتساع الراء العلمى فى هذه الدراسات له أهميته ، لهذا أرجو أن يكون لهذا الكتاب القيم أثره فى تحقيق هذا الغرض .

دكتور محمد رضا مدور

مقدمة

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

ثقافتنا العلمية :

من مقال لسعادة الدكتور مشرفه باشا أنه قد أصبح لزاما على من
بيدهم الأمر أن يعملوا جاهدين على نشر الثقافة العلمية ، وأن يشيعوها بكافة
الوسائل كما يتاح للجمهور المتعلم الاطلاع على نتائج التقدم العلمى وآثاره
الهندسية والتطبيقية العديدة . فقد أصبحنا نعيش فى عصر اتسعت فيه دائرة
العلم حتى صار وثيق الاتصال بحياتنا . وما نحن نرى آثاره تحيط بنا من كل
جانب ، نراها فى أنفسنا وفى الآفاق . فالعنصر العيسى عنصر متغلب على
مدنيتنا الحديثة عيين لها .

ويقترح سعادته لتحقيق هذا الغرض إقامة المناحف العلمية أسوة بما
اتبع فى إنجلترا وغيرها من الدول الأوروبية وأشاعة الثقافة العلمية عن طريق
الصحف والمؤلفات .

وقديما قال أحد الشعراء :

وما من أمة بلغت مناهها بغير العلم والسيف اليماني

لقد حققت الأحداث صدق ألهام هذا الشاعر . حتى السيف اليماني

نفسه أصبح من إنتاج العلم وحده ، فليت شعري ماذا كان يقول هذا الشاعر لو أنه سمع بالطائرات والرادار والقتابل الصاروخية والغازات السامة والطاقة الذرية وغيرها وكلها من ثمرات البحث العلمي ؟ .

والمشتغلون بالعلم يعلمون أنه أشبه شيء بالكائن الحي قوامه التسانده والتآزر والتعاون ، فروعها العديدة ليست سوى حلقات السلسلة الواحدة فقد عرفنا مثلاً من رصد أقمار المشتري أن الضوء له سرعة محدودة ، واكتشف الهليوم في طيف الشمس عند رصد كسوفها الكلي قبل أن يعرف في الأرض ، وساهمت البحوث الرياضية والنظرية مساهمة فعالة في إعطائنا صورة عن التكوين الذري والطاقة الذرية قبل إدراكها في معامل الطبيعة . ويقوم المنقبون عن البترول بأجراء بحوث علمية متنوعة قبل القيام بأعمال الحفر ولولا ذلك لزادت تكاليف استخراجة عن القدرة الشرائية للنسبة الغالبة من الناس والأسئلة من هذا النوع عديدة .

وتقدم البحوث العلمية تقتضي في كثير من الأحيان تضافر الاختصاصيين في فروعها المختلفة ، أدرك ذلك الحلفاء في الحرب الأخيرة فعبأوا للبحوث الذرية اختصاصيين عديدين كان من بينهم الرياضيون والطبيعيون والكيميائيون والفلاسكيون كل يدفع فيها من زاويته .

وكثيراً ما يفيد الاختصاصي من أحاطته العامة بما في الفروع الأخرى من العام ، حتى الأديب لم يعد في مقدوره أن يقتصر في غذائه على ما في الآداب والفنون بل لا بد له من تذوق ثمار البحث العلمي كي لا يعجز عن مساهمة التفكير الحديث ، ومن ناحية أخرى فأشاعة الثقافة العلمية العامة من أهم عوامل التثبوت والاستقرار لمحضتنا الحديثة ، فهو أسطفا يتكون الوراثة

العلمي الضروري لتبنت الفكرة العلمية كتهيئة التربة في الأرض الطيبة قبل
بشر البذور .

غير أن أشاعة الثقافة العلمية بين الجمهور المتعلم على أوسع نطاق وفي
أقصر وقت لا يمكن أن يتم إلا لو نشرت هذه المأوم بلغة البلاد لسكثرة
ما يوجد في كل فرع العلم من مصطلحات غير مألوقة لا يعرف مدلولاتها
إلا الاختصاصي وعلماءنا جميعا يدركون هذه الحقيقة بلا ريب ، ويدركون
أيضا واجبهم القومي بل والعلمي في هذا الشأن . غير أن الكثير منهم
ما يزال يشعر أن العلم لا يزال غريبا حتى في بيئاتهم المهنية ، فقد تعلموه
بلغات أجنبية ، وما زال يدرس في معاهدنا بلغات أجنبية ، والمصطلحات
العلمية التي تريد باضطراب يصعب أن يجدوا للكثير منها مرادفات عربية
سلسة ، ومن ثم تعذر على الكثير منهم المساهمة الجدية في سبيل تحقيق هذه
الغاية ، وظل الوراثة العلمي بين جمهورنا المتعلم محدودا .

وقد نسي البعض على اللغة العربية عقمها في هذا الشأن وقالوا أنه ما دام
العلم لا وطن له فتكن مساهمتنا في النهضة العلمية العالمية بأية لغة عالمية ،
والست أقصد هنا اللغة التي تكتب بها البحوث وإنما أقصد الثقافة العامة التي
أصبحت عنصرا هاما وكينا لحضارتنا الحديثة . ومع ذلك فهل نسي هؤلاء
أن اللغة العربية كانت لغة العلم ردحا طويلا من الزمن ، وأن الحضارة مدينة
طما بحفظ التراث العلمي ، وأن الأوروبيين ترجموا عنها في فجر نهضتهم .
ورحم الله شاعرنا حافظ بك إبراهيم حين هجر عنها بقوله :

وسعت كتاب الله لفظا وغاية وما ضقت عن آي به وعظات
فكيف أصيب اليوم عن وصف آله وتنسيق أسمائه لمخترعات

أنا البحر في أحشائه الدر كامن فهل سألوا الغواص عن صفائى

صحيح أنه قد يصعب كثيرا أن نجد مرادفات عربية فصحي لبعض المصطلحات ولكن لماذا لا نتمضى قدما واستعرب من المصطلحات ما لا نجد له مرادفا عربيا أصيلا . أريدوننا أن نكون عربا أكثر من العرب ؟ لقد استعرب العرب أنفسهم الكثير من الألفاظ الأجنبية عندما نقلوا علوم اليونانيين وغيرهم في فجر نهضتهم أما عن غواية المرادفات العربية للمصطلحات العلمية فسوف تزول حتما بالممارسة والتعود .

أن إشاعة الثقافة العلمية العامة يكتّون الوراق العلمى، وكل منهما يتجاوب مع الآخر ويستجيب له ويؤثر فيه ويتأثر به ويمهد السبيل لأن تصبح اللغة لغة العلوم العربية العصرية . أننا نعيش في عصر يستحق الضعيف ويدوس المتنبس ويخفق الهزيل ويتخلى عن المتخلف ، والعلم في عصرنا هذا من عناصر القوة والأمة التي تشيع فيها العلم تستطيع أن تلاحق ركب الحضارة وأن تصمد لأحداث الزمن .

أننا ندين بنهضتنا العلمية الحديثة إلى مؤسس مصر الحديثة سياتر الجنان المغفور له محمد على باشا الذى أدرك بشاغب بصيرته أنها عنصر أساسى فى بناء هذه النهضة واستقرارها ، ولكنها تأثرت دائما بالأحداث السياسية التى مرت بالبلاد منذ ذلك الحين حتى ليصح القول أننا لا نزال من هذه الوجهة فى طور النشأة الأولى وأن أهم ما نحتاج إليه الآن هو سداد التوجيه وبعث القوى وإنارة السبيل .

أما النهضة الأدبية فكانت أقل تأثرا بهذه الأحداث لأنها كانت تجد فى تراثنا الدينى معيننا لا ينضب ، وكان الأزهر قوَّاما عليها ، بل لعلمها كانت

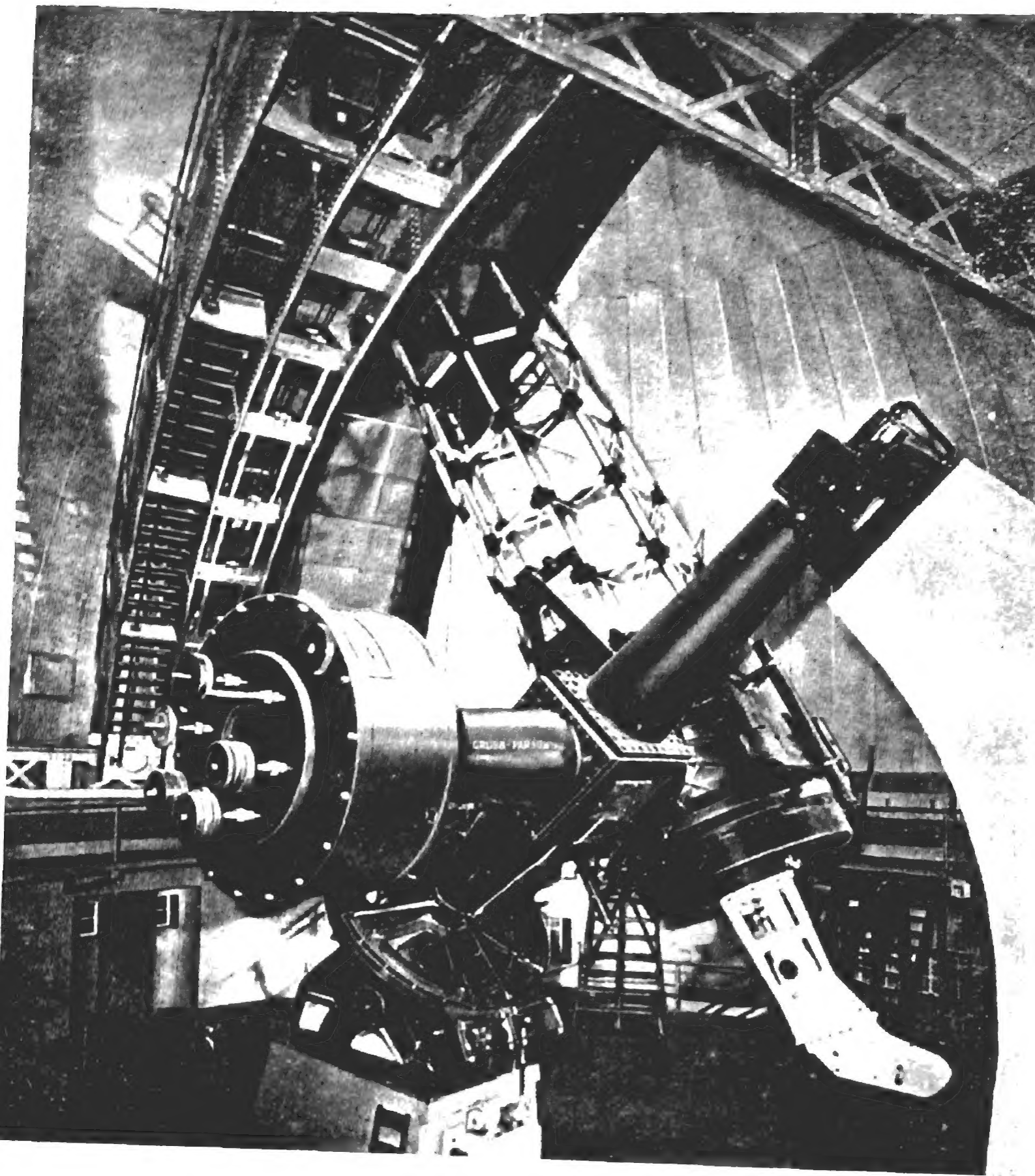
تستمد من هذه الأحداث قوة وإلهاما .

أن نمة بحثا محسوسا لنهضة العلمية يرعاه مليكنا المحبوب فاروق الأول حفظه الله . ويمتد من روحه الفتية وأرادته القوية ما يبشر بالخير ويكفل هذه النهضة البقاء والاستقرار . ولقد ترسمنا الانحاء الصحيح ومن سار على الدرب وصل .

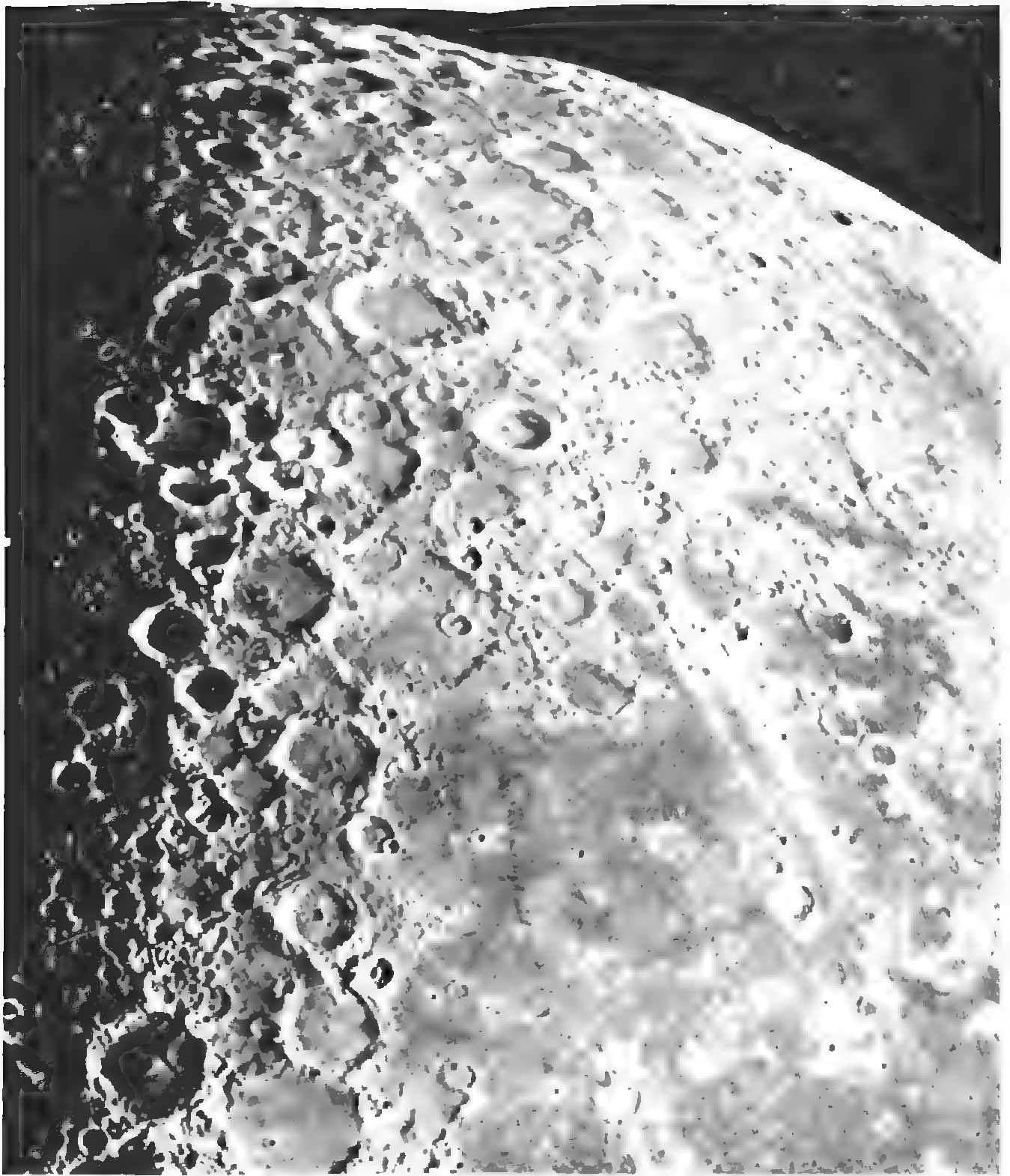
على ضوء هذه الاعتبارات وضعت كتابي هذا ، وكنت قد لمست حاجة الطلاب في كلية الشريعة إلى مراجع عربية حديثة في مادة الفلك فجعلته يشمل المقرر لهم وفي مستوى ثقافتهم العلمية التي تعادل مثيلتها لطلاب المدارس الثانوية ، ولذلك تجنبت جهد استطاعتي استخدام المعادلات الرياضية . وقد ضمنته أيضا وفي غير تعمق أبوابا أخرى منها باب خاص بالمرادفات الفلكية التي استطعت جمعها لتكون عوناً لمن يشاء الرجوع إلى مراجع أجنبية وقد توخيت أن يكون سهل العبارة واضح المعنى ليفيد منه من يشاء من غير الطلاب . فجاء مصر مما يغري بالدراسات الفلكية ويشجع الهاوين ، وأجدادنا من المصريين القدماء كانوا أول من عنى برصد الأجرام السماوية ودراسة حركاتها .

ولست أزعم أن فيه مبتكرا من الرأي ، وإنما هو مجهود متواضع نحو توسيع دائرة الثقافة العامة في الفلك بين أبناء الشرق العربي . فمن وجد به قصورا عن بلوغ غايته أو شفاء غلته فليبحث عن مراجع أوفى ، وهذا بعض غايته .

والله ولي التوفيق وهو نعم المولى ونعم النصير .



المنظار العاكس بمرصد تورنتو بكندا ويبلغ قطر مرآته ٧٤ بوصة



جزء من سطح القمر حيث تبدو المرتفعات الدائرية



الباب الأول

[اختلاف منظر السماء باختلاف زمان الراصد ومكانه - الكرة السماوية -
الاتجاهات والمستويات الرئيسية - تعيين موقع جرم سماوي بالانتماء للمستويات
الرئيسية المختلفة - الأجرام السماوية]

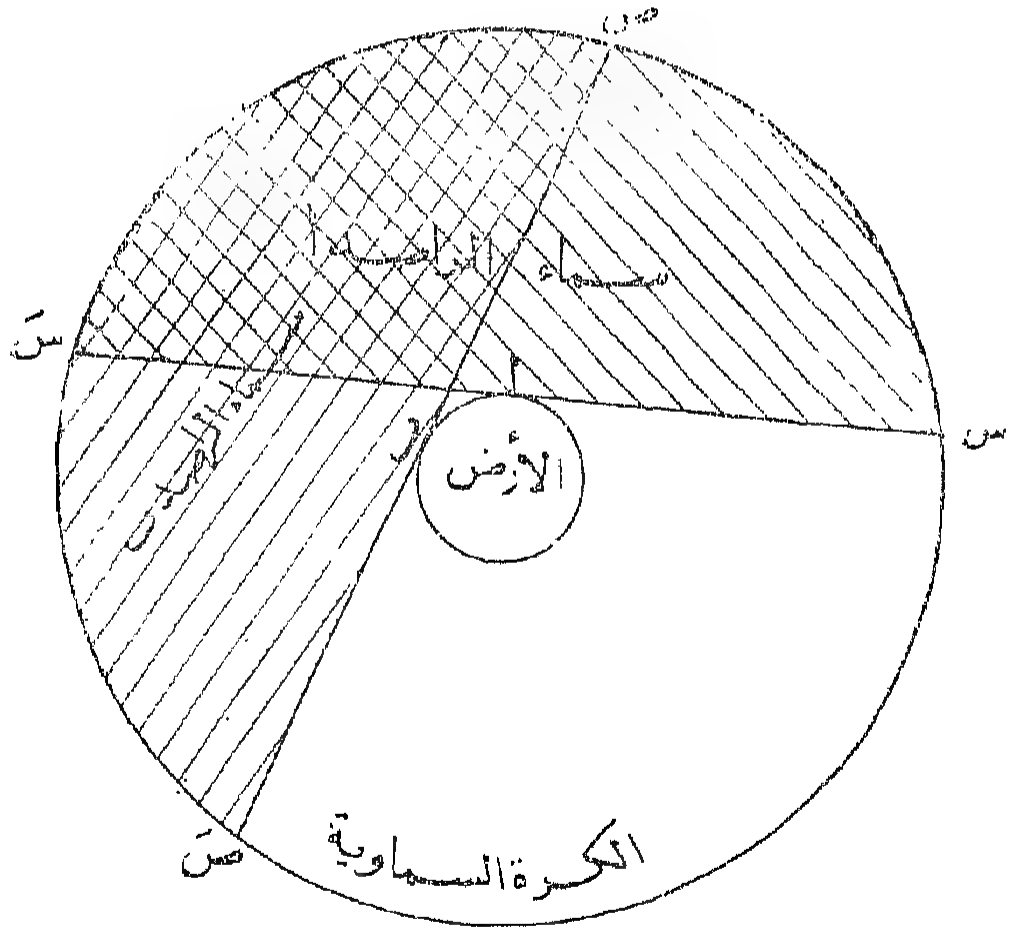
السماء

السماء لغة هي كل ما علاك فأظلك ومنه قيل لسقف البيت سماء . ومن
وجهة النظر الفلسفية هي الفضاء الأعظم الذي يحيط بالأرض لاحتوائه
ولا لأبعاده يحتوى الأجرام السماوية كلها ومن بينها الأرض .

وتبدو السماء لأي راصد على سطح الأرض أشبه شيء بقبة عظيمة أو
نصف كرة كبيرة يحتل الراصد - أينما وجد - منها المركز وقد انتشرت على سطحها
العظيم النجوم المتلازمة .

ذلك لأنه أيا كان موقع الأرض في هذا الفضاء العظيم فلا حد لنهاية
الكون في أى اتجاه ولذلك يمكننا افتراض أن الفضاء كرة نصف قطرها
لانهاية له ومركزها الأرض وأن الأجرام السماوية تقع على سطح هذه الكرة
التي يسميها الفلاسكيون الكرة السماوية .

ولما كانت الأرض كروية الشكل فإن الراصد لا يرى من سطح الكرة السماوية إلا ما يقع فوق المستوى المماس لسطح الأرض عند موقع الراصد وهو ما يعادل نصف كرة تقريبا، فسماء الراصد الموجودة في نقطة م من سطح الأرض هي نصف الكرة المحدودة بالمستوى س س (شكل ١) والجزء س س من محيط الكرة السماوية وسماها الراصد هي نصف الكرة المحدودة بالمستوى ص ص من والجزء ص س من محيط الكرة السماوية .



شكل ١

ويتضح من هذا أن الجزء من الفضاء السماوى الذى يراه الراصد وما فيه من أجرام يختلف باختلاف مكان الراصد من سطح الأرض.

ولمّا كانت الأرض تدور من الغرب إلى الشرق فإن الكرة السماوية وما عليها من الأجرام تبدو لنا كأنها تدور فوق رؤوسنا من الشرق إلى الغرب دورة كاملة فى كل يوم كما تبدو الأشجار وأعمدة التلغراف للمسافر فى القطار متحركة فى الاتجاه المضاد لاتجاه سير القطار وب نفس السرعة ولذلك يتغير منظر سماء أى راصد على سطح الأرض مع الزمن أيضا فلتشرق نجوم من تحت الأفق ناحية الشرق باستمرار ويغرب غيرها تحت الأفق أيضا باستمرار.

وإذا تذكرنا أن الأرض تدور حول الشمس مرة فى السنة نجد أن موقعنا فى الفضاء السماوى دائب التغير وتبدو لنا الشمس أيضا كأنها متحركة وسط النجوم وبما أننا لا نستطيع أن نرى النجوم التى توجد فوق الأفق نهارا لأن ضوء الشمس الشديد يحول دون ذلك وبسبب تحرك الشمس وسط النجوم بمعدل ٣٠° فى كل شهر فإن ما نراه ليلا من النجوم يتغير بين آن وآخر على مرور الأيام أثناء السنة أيضا. والخلاصة أن منظر السماء لا يتغير بتغير مكان الراصد فحسب، بل وباختلاف زمانه أيضا وهناك أطالس فلكية تبين ما يرى على اديم السماء بالنسبة لأى راصد على مدار الأيام أثناء السنة (١).

(١) الأطالس الفلكي خط عرض القاهرة للمؤلف يطلب من مصلحة المساحة .

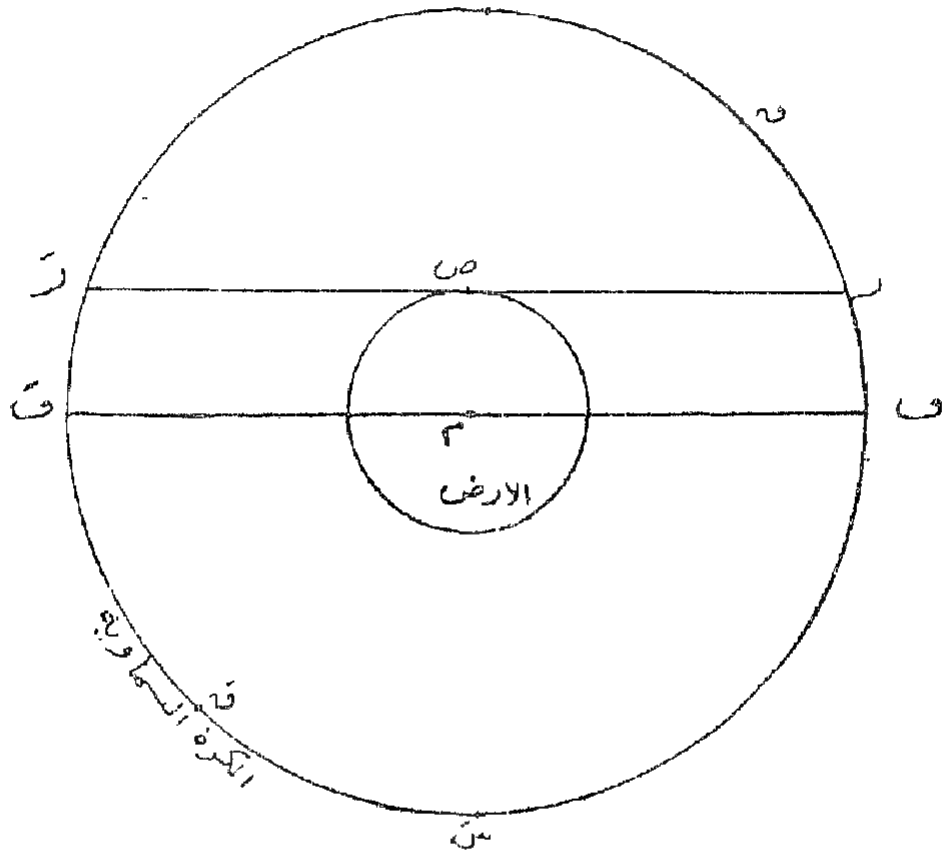
قياس مواقع النجوم

فيما عدا الحركة الظاهرية اليومية للأجرام السماوية الناشئة عن دوران الأرض حول نفسها لا يكاد راصد السماء يلاحظ تغيرا ما في مواقع النجوم بالنسبة لبعضها البعض فتبدو له الكرة السماوية تتحرك في تودة بديعة من الشرق إلى الغرب وكأن النجوم مثبتة على سطحها البللورى الشكل لذلك أسماها المتقدمون « النجوم الثابتة » .

وقد ثبت لدينا أخيرا أن النجوم ليست ثابتة ولكن حركاتها الذاتية ليست مما يمكن تحقيقه إلا بآلات الرصد الدقيقة أو بمقارنة مواقعها في السماء بين فترات طويلة من الزمن وذلك نظرا لأبعادها السحيقة في أعماق الفضاء ومن المسائل الرئيسية في الفلك معرفة كيفية تعيين مواقع النجوم في السماء وكما أن مواقع البلدان على سطح الأرض تنسب إلى مستويين رئيسيين أحدهما خط الاستواء والآخر دائرة خط الطول المارة بجرينتش كذلك تنسب مواقع النجوم على سطح الكرة السماوية إلى مستويات رئيسية أصطلح الفلكيون عليها نعرفها فيما يلي:

أيا كان موقع الراصد من سطح الأرض فهو مجذوب إلى مركزها ويسمى الفلكيون النقطة من سطح الكرة السماوية التي تقع رأسيا فوق رأسه سمت رأسه ومن الواضح أن هذه النقطة هي تقاطع نصف قطر الأرض المار بالراصد ممتدا في الفضاء مع سطح الكرة السماوية ومن الواضح أيضا أن هذه النقطة تختلف باختلاف مكان الراصد من سطح الأرض ويسمى

الفاسكيون النقطة من سطح الكرة الساوية المقابلة لسمت الرأس سمت القدم
والخط الواصل بين السمتين الخط الرأسى .



(شكل ١ - ١)

[ص = الراصد - س = سمت رأسه - س = سمت قدمه س - س = الخط
 الرأسى - ر = الأفق المرئى ف = الأفق = القطب الشمالى - و =
 القطب الجنوبى ف = الشمال - ف = الجنوب]

ومن الواضح كذلك أن كلا من الخط الرأسى وسمت القدم يختلفان
 باختلاف موقع الراصد من سطح الأرض .

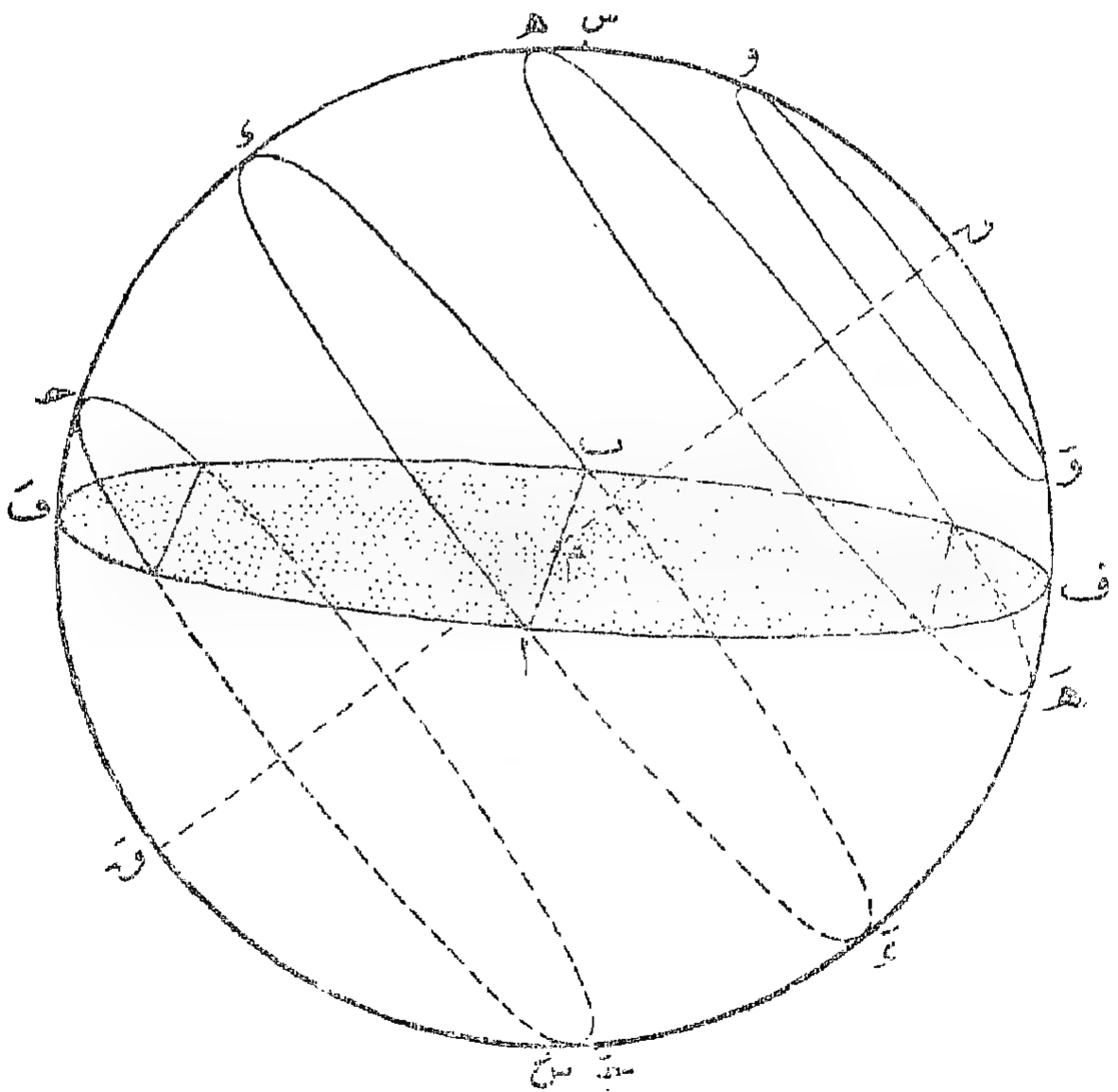
ولو تصورنا إمتداد المستوى المماس لسطح الأرض عند موقع الراصد
 حتى يقطع الكرة الساوية فإنه يقطعها فى دائرة يسميها الفاسكيون الأفق المرئى

لأنها تحدد الجزء من السماء الذى يستطيع أن يراه الراصد ومن الواضح أن هذه الدائرة تقسم الكرة السماوية إلى قسمين غير متساويين أصغرهما هو الذى يراه الراصد شكل ١-١ وذلك لأن هذه الدائرة لا تمر بمركز الكرة السماوية الذى هو مركز الأرض وكلما بعد المستوى الذى يقطع الكرة عن مركزها صغرت الدائرة ولذلك تسمى أمثال هذه « الدوائر الصغرى ». أما الدوائر التى تمر بمركز الكرة فانها تقسمها إلى قسمين متساويين تماما وتسمى الدوائر العظمى ولما كان نصف قطر الأرض صغير جدا بالنسبة لنصف قطر الكرة السماوية ففي الكثير من المسائل الفلكية يغفل الأفق المرئى لتبسيطها ويعتبر أفق الراصد الدائرة العظمى الموازية للأفق المرئى ويسمى الأفق.

وتسمى الدوائر العظمى (المستويات) العمودية على الأفق والتى تمر بالمستبين الدوائر الرأسية .

والآن لو تصورنا امتداد محور الأرض فى الفضاء حتى يقطع الكرة السماوية فإنه يقطعها فى نقطتين تسميان القطبان إحداهما التى تقع فوق الاقطار الشمالية وتسمى القطب الشمالى وهناك قريبا جدا من هذه المنطقة نجم لامع يعرف بالنجم القطبى أو القطبية والنقطة الأخرى تسمى القطب الجنوبى وليس هناك نجم لامع قريب منها . والخط الواصل بين هذين يسمى محور العالم والدائرة العظمى العمودية على محور العالم تسمى دائرة المعدل ومن الواضح أنها امتداد دائرة خط الاستواء فى الفضاء حتى تقطع الكرة السماوية ويسمى الفلكيون الدوائر العظمى العمودية على دائرة المعدل والتى تمر بالقطبين بالدوائر الجانبية أو الساعةية

وتسمى الدائرة الجانبية التي تمر بالسمتين مستوى خط الزوال وهي أيضا
الدائرة الرأسية التي تمر بالقطبين وهي تقسم الكرة السماوية الى قسمين
متساويين شرقي وغربي حيث تقطع دائرة الأفق في نقطتين إحداهما التي تقع
تحت القطب الشمالي وهي الشمال الجغرافي والمقابلة لها هي الجنوب الجغرافي



شكل ٢

وكذلك فإن دائرة المعدل تقسم الكرة السماوية إلى قسمين متساويين شمالي وجنوب

ويمثل شكل ٣ السماء بالنسبة للراصد موضحاً عليها النقاط والمستويات الآتية الذكر وكذلك مسارات النجوم في السماء ح ح' ه ه' و الناشئة عن الحركة اليومية للكرة السماوية ويلاحظ أن هذه المسارات تصغر كلما كانت النجوم قريبة من أحد القطبين ولهذا نجد أن القطبية التي تبعد عن القطب الشمالى بحوالى درجة واحدة تبدو للعين المجردة كأنها ثابتة لا تتحرك.

ويلاحظ أيضاً أن النجوم التي لا يزيد بعدها القطبي عن خط عرض الراصد لا تغيب أبداً تحت الأفق

ولو أننا رصدنا مواقع الشمس في الفضاء بالنسبة للنجوم على مرور الأيام أثناء السنة لوجدنا مسارها الظاهري في الفضاء دائرة عظمى تميل على دائرة المعدل بزواوية ثابتة ويسمى مسار الشمس هذا الدائرة الكسوفية لأن

ظاهري الكسوف تقعان عندما يكون القمر قريباً منها ويبلغ ميلها على دائرة المعدل حوالى $23\frac{1}{2}$ درجة ويسمى الميل الأعظم

وتتقاطع دائرة المعدل والدائرة الكسوفية في نقطتين تسميان الاعتدالين إحداهما التي تبلغها الشمس عند خروجها من نصف الكرة الجنوبي إلى نصفها الشمالى في ٢١ مارس من كل عام وتسمى نقطة الاعتدال الربيعى والأخرى

التي تكون بها الشمس عند عبورها من نصف الكرة الشمالى إلى نصفها

الجنوبي في ٢٣ سبتمبر من كل عام تسمى نقطة الاعتدال الخريفي

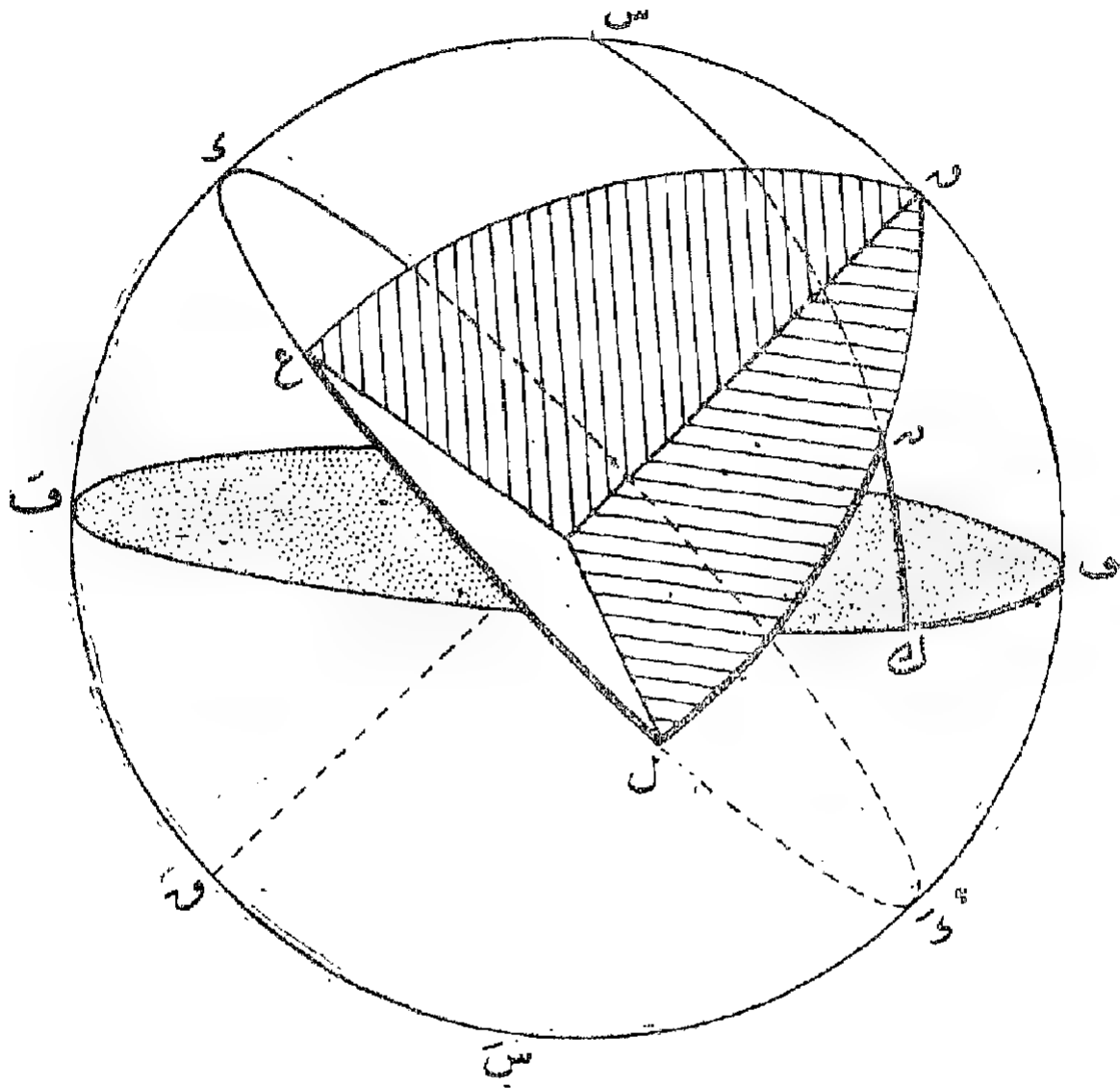
ولو رسمنا في مستوى الدائرة الكسوفية خطاً عمودياً على خط الاعتدالين
فانه يقطع الدائرة الكسوفية في نقطتين تسميان المنقلبان أحدهما المنقلب الصيفي
وتبلغها الشمس في ٢١ يونية من كل عام والأخرى المنقلب الشتوي وتبلغها

الشمس في ٢٢ ديسمبر من كل عام وتبلغ في الأولى أقصى ارتفاعاتها فوق
الأقطار الشمالية وفي الثانية أدنى ارتفاعاتها فوق هذه الأقطار .

تعيين مواقع الأجرام السماوية في السماء

يعين موقع بلد ما على سطح الأرض بالنسبة لمستوى خط الاستواء
ودائرة خط الطول المارة بجرينتش بواسطة إحداثيين أحدهما يسمى خط
طول البلد وهو عبارة عن الزاوية المحصورة بين دائرة خط الطول المارة
بها ودائرة خط الطول الرئيسية وهي المارة ببلدة جرينتش والآخر خط
عرض البلد وهو عبارة عن القوس من دائرة خط الطول المارة بالبلد المحصور
بين خط الاستواء والبلد .

وبطريقة مماثلة لهذه تعين مواقع الأجرام السماوية على سطح الكرة
السماوية وتنسب أما إلى (١) مستوي الأفق وخط الزوال (٢) مستوي دائرة
المعدل وخط الزوال (٣) مستوي دائرة المعدل والدائرة الجانبية التي تمر بنقطة
الاعتدال الربيعي .



شكل ٣

- | | |
|---------------------------|---------------------|
| س — سمت رأس الراصد | س — سمت قدمه |
| ن — القطب الشمالى | ن — القطب الجنوبى |
| ع — نقطة الاعتدال الربيعى | ع — الشمال الجغرافى |
| و — نجم ما | و — محور العالم |

ف — الأفق
 ف — الزوال
 ف — خط الزوال
 ف — دائرة
 المعدل
 ف — الزاوية السميتية
 ن — ارتفاع النجم
 ع — المطلع
 المستقيم للنجم
 ن — ميل النجم
 و — الزاوية الساعية للنجم
 و —

(١) تعيين موقع جرم سماوى بالنسبة لمستوى الأفق وخط الزوال

لوفرضنا أن \mathcal{N} نجم ما \mathcal{F} دائرة الأفق \mathcal{H} سمت رأس الراصد \mathcal{H} سمت قدمه \mathcal{P} القطب الشمالى \mathcal{P} القطب الجنوبى والدائرة $\mathcal{H}\mathcal{P}$ مستوى خط زواله ورسمنا الدائرة الرأسية $\mathcal{H}\mathcal{L}$ التى تمر بهذا النجم (شكل ٣) فإن موقع هذا النجم يعين بأحداثين أحدهما ويسمى الزاوية السمتية للنجم \mathcal{H} وهى عبارة عن الزاوية $\mathcal{F}\mathcal{H}\mathcal{L}$ التى رأسها سمت الرأس المحصورة بين خط الزوال والدائرة الرأسية المارة بالنجم ومع قليل من التأمل نستطيع أن نرى أن هذه الزاوية تساوى القوس من دائرة الأفق $\mathcal{H}\mathcal{L}$ المحصور بين نقطة الشمال \mathcal{F} ونقطة تقاطع الدائرة الرأسية المارة بالنجم مع دائرة الأفق المرموز لها بالحرف \mathcal{L}

أما الأحداثى الآخر فهو القوس من الدائرة الرأسية المارة بالنجم المحصور بين النجم ودائرة الأفق وهو القوس $\mathcal{H}\mathcal{L}$ (شكل ٣) ويسمى ارتفاع النجم وقد يتخذ متمم هذا القوس بديلا وهو القوس $\mathcal{H}\mathcal{P}$ من الدائرة الرأسية المارة بالنجم المحصور بين سمت الرأس والنجم ويسمى البعد السمتى للنجم

ومن الواضح أننا لا نستطيع قياس هذه الأقواس على سطح الكرة السماوية غير أن الزاوية السمتية للنجم \mathcal{H} وهى القوس $\mathcal{H}\mathcal{L}$ من دائرة الأفق هى الزاوية التى رأسها عين الراصد فى \mathcal{M} (مركز الكرة) وطرفاها الاتجاهين نحو نقطة الشمال \mathcal{F} ونقطة تقاطع الدائرة الرأسية مع دائرة الأفق \mathcal{L}

وكذلك ارتفاع النجم هو الزاوية التي رأسها عين الراصد في م وطرفاها الاتجاهين نحو النجم ν ونقطة λ والبعد السمتي هو الزاوية التي رأسها عين الراصد وطرفاها الاتجاهين نحو سمت الرأس σ والنجم ν وجميعها لما يمكن تعيينه عملياً بقياسها بالأجهزة الفلكية كالعضادة (التيرودوليت)

(٢) تعيين موقع جرم سماوى بالنسبة لمستوى دائرة المعدل وخط الزوال

يعين موقع نجم مثل ν بالنسبة لمستوى دائرة المعدل λ (شكل ٣) وخط الزوال σ و ν λ σ باحداثين أحدهما الزاوية المحصورة بين مستوى خط الزوال (ابتداء من نقطة الجنوب و نحو الغرب) والدائرة الجانبية ν λ المارة بالنجم وتسمى الزاوية الساعية للنجم وتقاس أيضا بقوس من دائرة المعدل ابتداء من نقطة الجنوب و نحو الغرب حتى تقاطع الدائرة الجانبية المارة بالنجم مع دائرة المعدل (نقطة λ) وهى كما ترى فى هذا الشكل عبارة عن القوس λ σ أو بالزاوية (المنفرجة هنا) المحصورة بين الاتجاهين نحو λ ونحو σ ورأسها عين الراصد ν التى هى مركز الكرة.

أما الاحداثى الآخر فيسمى ميل النجم وهو عبارة عن القوس من الدائرة الجانبية المارة بالنجم ν λ المحصور بين النجم ν ونقطة تقاطع هذه الدائرة مع دائرة المعدل λ أى القوس ν λ ويساوى أيضا الزاوية التي رأسها عين الراصد موطرفاها النجم ν والنقطة λ .

ويستخدم هذان الاحداثيان فى تعيين مواقع الأجرام السماوية بواسطة المناظير الكبرى فى المراصد

ومتتم ميل النجم يسمى البعد القطبي للنجم وهو عبارة عن القوس فيه من الدائرة الجانبية المحصور بين القطب والنجم.

ويقال أن ميل النجم شمالي أو يرمز له بعلامة الموجب إذا كان النجم يقع في نصف الكرة الشمالي وجنوبي أو يرمز له بعلامة السالب إذا كان النجم يقع في نصف الكرة الجنوبي

(٢) تعيين موقع جرم سماوي بالنسبة لمستوي دائرة المعدل والدائرة

الجانبية المارة بنقطة الاعتدال الربيعي .

لو تأملنا قليلا لوجدنا أن كلا من الزاوية السميتية وارتفاع النجم (أو متبعمه وهو البعد السميتي) والزاوية الساعية تتغير بتغير مكان الراصد أو زمانه فقد بينا أن أفق الراصد يختلف باختلاف مكانه من سطح الأرض ومن ثم فالزاوية السميتية لأي نجم وارتفاعه أو بعده السميتي يختلف باختلاف مكان الراصد ولما كانت الكرة السماوية تدور فوق رؤوسنا من الشرق إلى الغرب فإن هذين الأحداثين دائبا التغير، فتبدو النجوم على الأفق شرقا ثم يزيد ارتفاعها تدريجيا ويتغير اتجاهها نحو الجنوب حتى تعبر خط الزوال جنوبا ثم تنحدر نحو الغرب فتسكون الزاوية الساعية صفر عندما يكون النجم على خط الزوال جنوبا وتزيد تدريجيا حتى تصير 180° عندما يكون النجم على خط الزوال شمالا ثم 360° أو صفر عندما يتم النجم دورة كاملة ويكون مرة ثانية على خط الزوال جنوبا ويتم الكرة السماوية دورتها في ٢٤ ساعة وعلى ذلك فكل نجم يقطع من مساره اليومي (أنظر شكل ٢) ١٥ درجة في كل ساعه

والدرجة تساوى ٦٠ دقيقة قوسية. وعلى ذلك فهو يقطع من مساره ١٥ دقيقة قوسية فى كل دقيقة زمنية أو ١٥ ثانية قوسية فى كل ثانية زمنية .
أما ميل النجم فيبقى ثابتاً لا يتغير بتغير مكان الراصد أو بسبب دوران الكرة السماوية .

ولحاجة الفلكيين إلى معرفة مواقع النجوم بإحداثيات ثابتة لا تتغير بتغير مكان الراصد أو زمناً اتخذوا الدائرة الجانبية المارة بنقطة الاعتدال الربيعى دائرة رئيسية كدائرة خط الزوال تنسب إليها وإلى دائرة المعدل مواقع النجوم . ومن الواضح أن هذه الدائرة تتحرك فوق رؤوسنا بنفس السرعة التى تتحرك بها الدوائر الجانبية الأخرى وهى سرعة تحرك الكرة السماوية ولذلك فإن البعد بينهما وبين أى دائرة جانبية أخرى يظل ثابتاً لا يتغير رغم هذه الحركة ..

وتسمى الزاوية التى بين الدائرة الجانبية المارة بنجم ما مثل μ والدائرة الجانبية المارة بنقطة الاعتدال الربيعى ع (شكل ٣) المطلع المستقيم للنجم μ وتقاس هذه الزاوية بالقوس ع ل من دائرة المعدل ابتداء من نقطة الاعتدال الربيعى نحو الشرق وتساوى أيضاً الزاوية التى طرفاها النقطتين ع ك ورأسها عين الراصد فى م مركز الكرة .

وتنشر المطالع المستقيمة وميل النجوم فى جداول فلكية وتقدر المطالع المستقيم وكذا الزوايا الساعية عادة بالساعات والدقائق والثوانى الزمنية حسب العلاقة السالفة الذكر .

خطوط الطول والعرض السماويين

ان الأحداثيات السالفة الذكر هي الأكثر استعمالاً في الأرصاد الفلكية وتعين بمعرفتها مواقع الأجرام السماوية المختلفة بواسطة المظاهر والأجهزة الفلكية . وتستخدم أحداثيات أخرى في بعض البحوث الفلكية الخاصة منها الطول والعرض السماويين وينسبان إلى الدائرة الكسوفية والدائرة العظمى العمودية عليها التي تمر بنقطة الاعتدال الربيعي .

وتسمى الدوائر العظمى العمودية على الدائرة الكسوفية والمارة بقطبيها السماويين دوائر خطوط الطول السماوية والدائرة الصغرى الموازية للدائرة الكسوفية والتي تصغر كلما اقتربت من أحد قطبيها دوائر خطوط العرض السماوية . وخط طول نجم ما هو الزواية المحصورة بين دائرة خط الطول السماوية المارة به ودائرة خط الطول المارة بنقطة الاعتدال الربيعي .

وخط عرض نجم ما هو القوس من دائرة خط الطول المارة به المحصور بين الدائرة الكسوفية والنجم ويقال له شمالى إذا كان النجم فوق الدائرة الكسوفية وجنوبى إذا كان تحتها .

الإحداثيات المجرية

سنعرف فيما بعد أن شمسنا ما هي إلا واحدة من مجموعة كبيرة من النجوم تعرف بالنظام المجرى وفي بعض البحوث الفلكية . يفضل معرفة

مواقع النجوم بالنسبة لمستوى المجرة في الفضاء السماوي وتعين في هذه الحالة المواقع باحداثيين يسميان بالاحداثيين المجريين للنجوم.
وتقدلت الارصاد والبحوث على ان الاحداثيات الاعتدالية (نسبة الى دائرة المعدل) لقطب المجرة هي :

دقيقة	ساعة	
٤٠	١٢	مطلعه المستقيم
+	٢٨	ميله

ولذلك يمكن بالحساب تحويل الاحداثيات الاعتدالية لآى نجم الى احداثيات مجرية تسمى الطول والعرض المجريين وقد قام الأستاذ جون أولسون Ohlson بالسويد بعمل جداول للاطوال والعروض المجرية المقابلة لاحداثيات الاعتدالية المختلفة .

والعرض المجري هو عبارة عن القوس من الدائرة العظمى العمودية على مستوى المجرة المارة بقطبيها وبالنجم والمحصور بينه وبين مستوى المجرة والطول المجري هو القوس من دائرة المجرة المحصور بين إحدى نقطتي تقاطعها مع دائرة المعدل وتقاطع الدائرة العمودية على مستوى المجرة المارة بالنجم

ملاحظات عامة على الاحداثيات المختلفة

أولا — اعتبرنا فيما تقدم أن الأرض نقطة مركزية نظرا لصغر أبعادها بالنسبة لأبعاد النجوم ويجب أن نلاحظ أننا لا نستطيع في الحسابات الدقيقة إغفال أبعاد الأرض في كل ما يختص بالاجرام القريبة منها كالقمر والشمس فالتجاهات مثل هذه الاجرام تختلف باختلاف موقع الراصد من سطح الأرض

ثانياً — أن ارتفاع النجم وزاويته السميتية متغيران على الزمن بالنسبة لراصد معين من سطح الأرض وتختلف مقاديرهما لنجم معين في لحظة معينة بالنسبة لراصدين في نقطتين مختلفتين من سطح الأرض .

ثالثاً — ميل النجم ومطلعاه المستقيم ثابتان لا يتغيران بتغير مكان الراصد من سطح الأرض أو زمانه .

أما الزاوية الساعية لنجم ما فهي تزيد باضطراب مع الزمن وتختلف لنجم معين باختلاف مكان الراصد من سطح الأرض وتنحد لجميع الأماكن من سطح الأرض الواقعة على خط طول واحد ،

وتقاس الزوايا الساعية والمطالع المستقيمة بأقواس من دائرة المعدل واسكنهما تختلفان في نقطة المبدأ التي تقاس منه كل منهما والاتجاه الذي تحسب فيه ففي الأولى تقاس ابتداء من خط الزوال جنوباً في اتجاه الغرب وفي الثانية ابتداء من الدائرة الجانبية المارة بنقطة الاعتدال الربيعي إلى ناحية الشرق .

رابعاً — طول وعرض النجوم السماويين والمجريين لا يقاس بطريقة مباشرة بالآلات الفلكية بل يعين بالحساب بعد معرفة ميولها ومطالعها المستقيمة وله أهمية خاصة بالنسبة للقمر والشمس والكواكب السيارة والبحوث الفلكية الحديثة .

الأجرام السماوية

يمكننا تقسيم الأجرام السماوية إلى ثلاثة أقسام .

(الأول) — النظام الشمسي ويتكون من الشمس وتوابعها الكواكب السيارة وهي حسب قربها من الشمس عطارد والزهرة والأرض والمريخ

والمشتري وزحل وأورانوس ونبتون وبلوتو وجميعها تدور حول الشمس
ولبعضها قمر واحد وللبعض الآخر أقمار عديدة .

والمسافات التى بين أعضاء هذه المجموعة كبيرة بالنسبة لأبعاد الأرض
ولسكنها لا تعد شيئا مذكورا بالنسبة إلى أبعاد النجوم ولو حاولنا عمل نموذج
لهذه المجموعة واخترنا بالنسبة لذلك ميدانا فسيحا فى القاهرة كميدان إبراهيم باشا
ومثلنا الشمس بمحصة فى وسطه لوجب أن تمثل الكواكب السيارة بحبات
صغيرة من الرمل تدور حول الشمس فى مسارات دائرية ولا يتسع ميدان
فسيح كهذا لأكبر من مدار بلوتو .

ويشمل هذا النظام أيضا فصائل الشهب والمذنبات غير أن هذه تختلف
عن الكواكب السيارة فى شكل مداراتها .

والشمس أكبرها كتلة وهى وحدها بين هذه المجموعة التى تشع الضوء
والحرارة وما عداها يعكس ضوء الشمس فنحن إنما نرى الكواكب السيارة
بضوء الشمس منعكسا عليها كما نرى الحائط يضيء المصباح أو الشمس
منعكسا عليها ولو أن بالكواكب السيارة أناسا يبصرون لراوا أرضنا
بضوء الشمس منعكسا عليها .

(الثانى) — النجوم وهى تبعد عنا وعن النظام الشمسى بأجمعه بمسافات
شاسعة تفوق بكثير تلك المسافات التى تفصل بيننا وبين أبعد الكواكب
السيارة والنجوم شمس تشع الضوء والحرارة وبعضها أكبر من الشمس
ملايين المرات ونحن إنما نراها صغيرة نظرا لأبعادها الشاسعة فى أعماق
الفضاء .

ويتراوح عدد ما يرى من النجوم بالعين المجردة فى أى وقت بين ألفين

وثلاثة آلاف ولكننا نستطيع أن نرى منها ما يقدر بالملايين بواسطة المنظار
ويزيد عدد ما يرى منها إضطرادا بازدياد قوة المنظار.

(الثالث) - السدائم . وهي أجسام سحابية الشكل تبدو صغيرة نظرا
لأبعادها السحيقة وبعضها معتم ولكنه يعكس ضوء النجوم القريبة منه ومنها
ما يوجد في النظام النجمي أو بعيدا عنه في الفضاء والسحابة العظيمة من النجوم
الصغيرة التي ترى كثيرا عبر السماء والمعروفة بالمجرة أو سكة التبانة وهي إحدى
السدائم العظيمة ويتبعها نظامنا الشمسي .

الباب الثاني

النظام الشمسي

[الكواكب السيارة — فرض بطليموس — نظرية كبرنيق — قوانين كبلر — قانون الجاذبية العام — اكتشاف ارنوس ونبتون وبلوتو — النجيمات — المذنبات — الشهب]

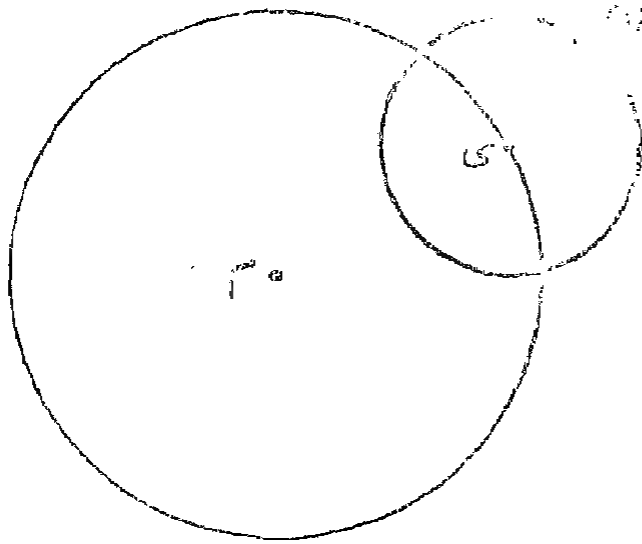
عرف القدماء من الكواكب السيارة خمسة هي عطارد والزهرة والمريخ والمشتري وزحل واعتبروا الشمس والقمر من الكواكب السيارة لاتحادهما معها في أهم ما تتميز به الكواكب السيارة بين الأجرام السماوية المختلفة وهو التحرك وسط النجوم الثابتة (شكله) وهو. كذا كان مجموع الكواكب السيارة عند القدماء سبعة وهو العدد التام في فلسفة فيثاغورس الرياضية ونلاحظ اشتقاق اسماء الاسبوع من اسماء الكواكب السيارة فيوم السبت في الإنجليزية معناه يوم زحل والاحد يوم الشمس والاثنين يوم القمر .

ولقد حاول علماء اليونان قديما تفسير حركة الكواكب السيارة فافترضوا الفروض المختلفة لتعليل تحركاتها وسط النجوم وأهم هذه الفروض جميعا هو فرض بطليموس الذي جاء في كتابه (المجسطى) عام ١٤٠ ق . م

وأساس هذا الفرض أن الأرض ثابتة وأنها مركز الكون وأن الشمس والقمر والكواكب السيارة والنجوم كلها تدور حولها .

وعلى هذا الأساس يفترض بطليموس أن كلا من الكواكب السيارة

يتحرك في مدار دائري حول نقطة مركزية وأن هذه النقطة تدور بانتظام في محيط دائرة أخرى مركزها الأرض (الثابتة ؟)



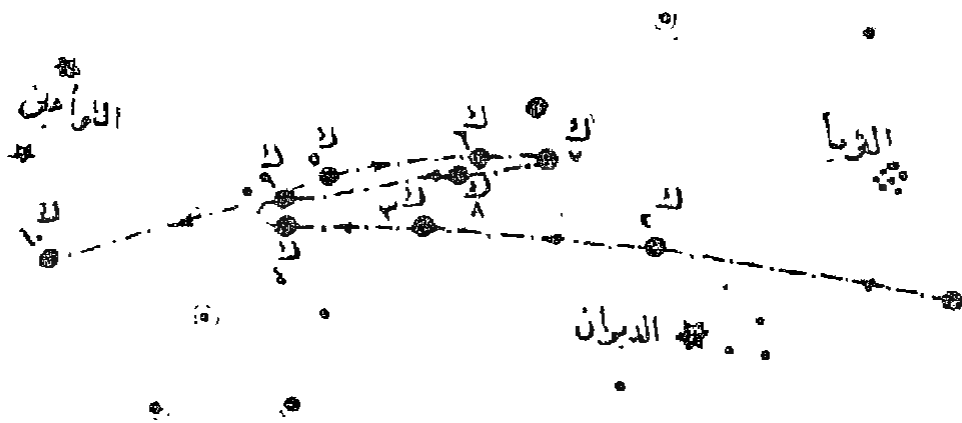
و (الشكل ٤) يوضح هذا

الفرض في أبسط الحالات
فإن نقطة 'ي' تمثل الكوكب
السيار الذي يدور في محيط
دائرة مركزها 'ي' ونقطة 'ي'
نفسها تدور في محيط دائرة
مركزها الأرض . أما مدة

مدار كواكب سيارك بالنسبة للأرض م
وفق فرض بطليموس (شكل ٤)

الدورة في كل من الدائرتين
فتختلف بالنسبة لكل من

الكواكب السيارة وقد وجد أنه بالنسبة لكل من عطارد والزهرة فأن مدة
الدورة للنقطة المركزية 'ي' حول 'م' هي سنة أما بالنسبة للمريخ فقذارها
٦٨٧ يوما وللمشتري ١٢ سنة .



مسار كواكب وسط النجوم الثابتة (شكل ٥)

ولو تأملنا هذا الفرض لو وجدنا أنه يفسر حركة الكواكب الظاهرية
وسط النجوم الممتلئة في (الشكل ٥)

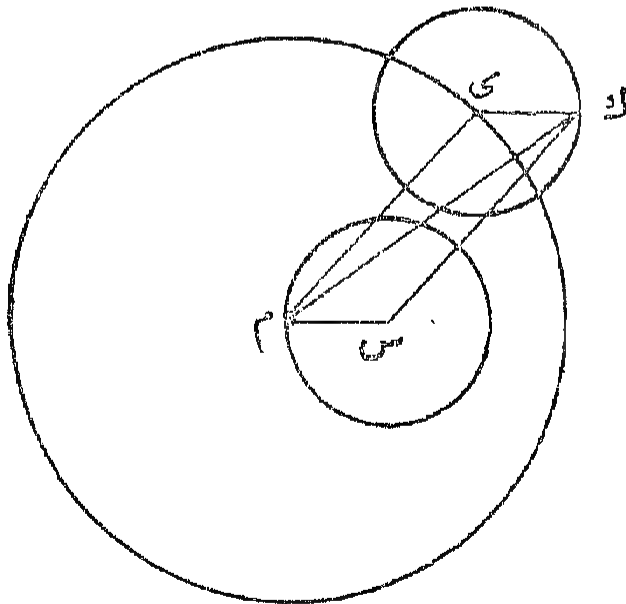
هذه إحدى النظريات الهامة القديمة لتفسير حركة الكواكب السيارة
في السماء ولقد عاشت قرون عدة وصمدت للنقد العلمي حتى ثبت
في النهاية خطأ أساسها فالأرض ليست ثابتة في الفضاء السهاوي بل تدور في
الفضاء حول الشمس كاخواتها الكواكب السيارة الأخرى .

ولقد كان القدماء كلما وجدوا عدم كفاية أمثال هذه الفروض للتنبؤ عن
مواقع الكواكب السيارة مستقبلا أو لمطابقة مواقعهم في السماء مع ما يستنبط
على أساس هذه الفروض بالحساب أضافوا إليها فروضا أخرى تكميلية

ورغم أن علماء اليونانيين لم يحددوا قط عن أساس هذه الفروض وهو
أن الأرض ثابتة وأنها مركز الكون كله فقد تنصلوا من اعتبار حركة
الكواكب السيارة الحقيقية كما لو كانت وفقا لهذه الفروض ولذلك كانوا

يؤمنون أنها بهذه العجسارة
(انشمال الظاهرة)

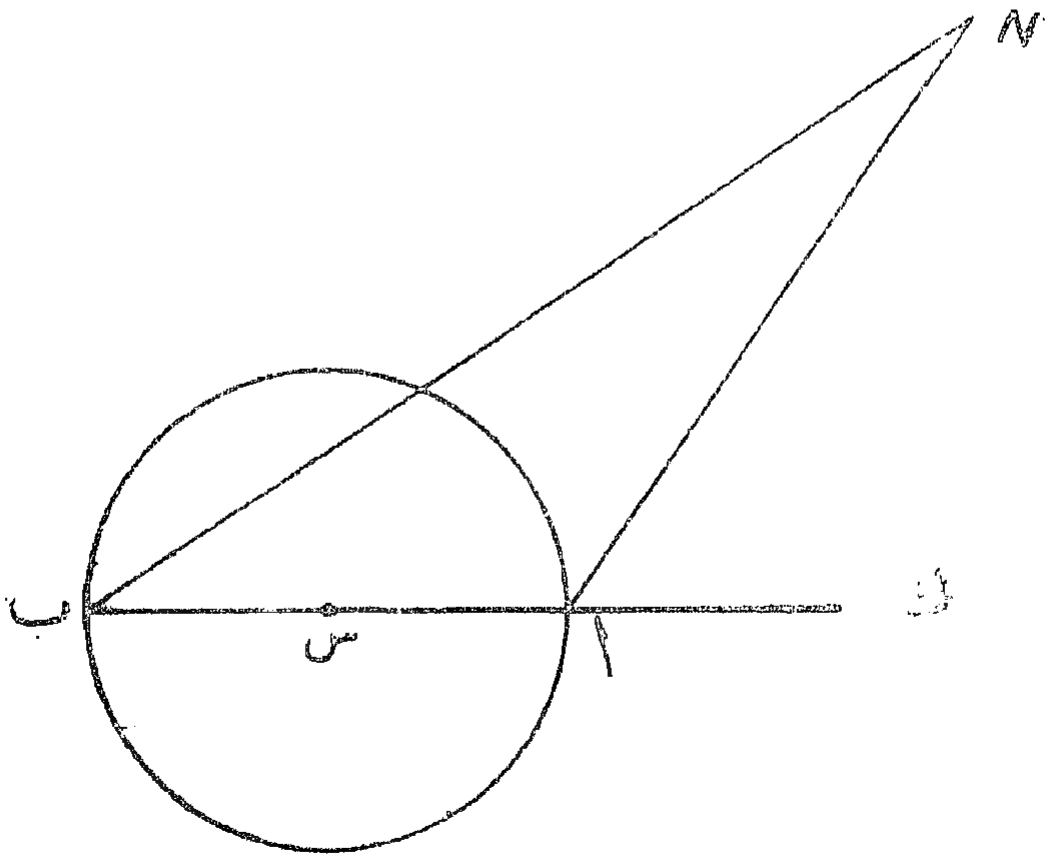
والآن لو أننا تحت ضوء
الحقيقة الخالدة التي كشفت
أخيرا وهي أن الشمس
— لا الأرض — هي مركز
النظام الشمسي رمزنا لها
بالحرف س (شكل ٦)



واعتبرنا ك يمثل (شكل ٦) تطابق فرض بطليموس ونظرية
المشتري مثلا بحيث يكون
كبير نيق عن حركة السيارات

سم يوازي ي لـ فإن مدة دورة ي حول سم في نظرية بطليموس هي في الحقيقة مدة دورة المشتري حول الشمس حسب النظرية الحديثة وبما أن ي لـ يوازي سم س فيكون الوقت النجمي لنقطة لـ في الدائرة التي مركزها ي هي سنة دائماً أياً كان الكوكب السيارة . غير أن القدماء كانوا يحسبون أوقات الدوران المختلفة ابتداء من الخط سم ي وهو غير ثابت في الفضاء كما كان يظن ولولا ذلك لتبين لهم أساس خطأ فروضهم ولا كتشفوا أن الأرض غير ثابتة في الفضاء بل تدور حول الشمس .

ولقد خطرت هذه الفكرة لبعضهم مثل فيلالوس في القرن الثاني م . سم فزعم بدوران الأرض حول نفسها مرة في كل يوم وحول الشمس مرة في



العام . وأن الحركة الأولى ينشأ عنها ظاهرة الليل والنهار والحركة الثانية ينشأ عنها ظاهرة الفصول الفلكية والسكن ارسطو الفيلسوف العظيم أثار عند هذا الزعم اعتراضا علميا وجيها وخلاصته أنه لو أن الأرض تدور حقيقة حول الشمس لترتب على ذلك اختلافا ظاهريا في الاتجاهات التي ترى فيها النجوم على مدار السنة

فلو فرضنا الأرض في نقطة α من مدارها في وقت من الاوقات أثناء السنة فسوف نرى النجم β في الاتجاه $\alpha \beta$ (انظر شكل ٧) وبعد ستة شهور تنتقل بنا الأرض في الفضاء الى النقطة المقابلة β من مدارها وعند ذلك ترى النجم β نفسه في الاتجاه الجديد $\beta \gamma$ وبالمثل بالنسبة لاي نجم آخر ومن الواضح أن الاتجاه $\alpha \gamma$ يصنع مع الخط $\alpha \beta$ الزاوية $\beta \alpha \gamma$ والاتجاه $\beta \gamma$ يصنع مع هذا الخط الزاوية $\gamma \beta \alpha$ والفرق بين الزاويتين يساوى الزاوية $\alpha \beta \gamma$ ومقدارها صغير جدا نظرا لصغر الخط $\alpha \beta$ بالنسبة للبعد $\alpha \gamma$ ويسميه الفلكيون (الاختلاف الظاهري) ولم يستطع القدماء تحقيق هذا الاختلاف الصغير بالات رصدهم البدائية ولم يدركوا في الوقت نفسه أن اختلافا يسيرا كهذا ليس من الممكن تحقيقه للأسباب السالفه فرفضوا نظرية دوران الأرض رفضا باتا وظلت فكرة ثبوت الأرض ومركزيتها للكون ودوران الأجرام السماوية حولها أساس فروضهم المختلفة في تفسير حركة الكواكب السيارة حتى منتصف القرن السادس عشر للميلاد حيث نشر العالم البولندي كوبرنيك كتابا عن حركة السيارات وفيه يفسر حركة الكواكب السيارة على أساس أن الشمس مركز النظام الشمسي كله وأن الكواكب السيارة بما فيها الأرض تدور حولها وأن حركة الكواكب السيارة بين النجوم (شكل ٥) إذ تتقدم بينها حينئذ ثم تبطل في حركتها ثم تتقدم حينئذ آخر

وهكذا على التوالي ما هي إلا محصلة حركاتها الدورانية البسيطة حول الشمس
الثابتة كما تبدو للراصد من فوق سطح الأرض المتحركة أيضا حول الشمس
حركة دورانية بسيطة

إلا أن رجال الكنيسة قاوموا هذا الرأي ونددوا بصاحبه وأوصدت
الجامعات أبوابها دون هذه النظرية لما كانت لفلسفه أرسطوا وتعاليمه فيها من
المنزلة التقليدية الرفيعة .

ولما اخترع المنظار واستخدمه العالم الإيطالي (جاليليو) في رصد الأجرام
السموية رأى المشتري ومن حوله أقماره تدور على صورة تماثل الصورة التي رسمها
كبرنيق للنظام الشمسي ورأى الزهرة بأوجها التي تشبه أوجه القمر أثناء الشهر
القمرى ولما وجد أن هذا التشكل للزهرة ليس سوى نتيجة حتمية لدوران كل
من الأرض والزهرة حول الشمس شايح كبرنيق متحمسا وصار يجمع الأدلة
العلمية على بطلان نظرية ثبوت الأرض وصواب نظرية كبرنيق وينشرها على
الناس . فقامت في وجهه قيامة الكنيسة واتهمته بالكفر وحاكمته من أجل
عقيدته هذه وقست عليه كل القسوة فقضت عليه بالسجن بعد أن أرغمته على
أن يعلن ارتداده علانية عن هذه النظرية ولعنته واحتقاره لها

وفي النهاية انتصر الدليل العلمى والمنطق العلمى على ما سواها من
الاعتبارات وتدعمت أسس نظرية كبرنيق بدوران الأرض بأرصاء
جاليليو التاريخية وبثبوت الاختلاف الظاهرى لمواقع النجوم فيما بعد عند
ما تقدمت وسائل الرصد .

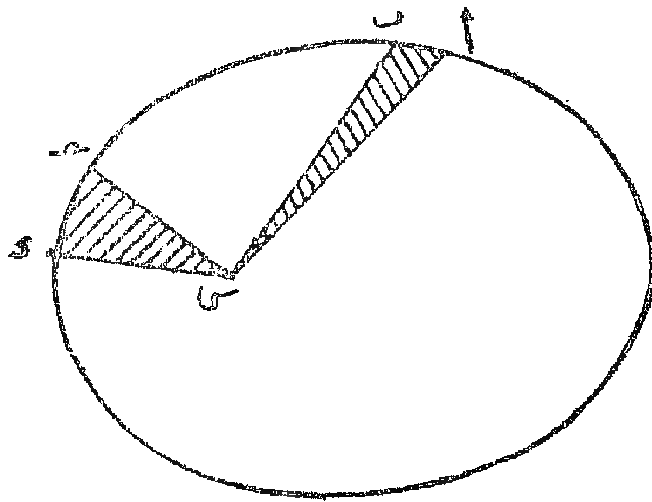
قوانين كبلر

وبينما كانت هذه المعركة الجدلية في ذروتها كان الفلكى الهولندى
(تيوخوبراهي) (١٥٤٦ - ١٦٠١) يتابع رصد الكواكب السيارة المختلفة
ومواقعها في السماء على مرور الأيام والسنين الطويلة بدقة فائقة أتاحت لمعاصره

الألماني، (كبار) (١٥٧١ ... ١٦٣٠) أن يستنبط منها القواعد الأساسية لحركة الكواكب السيارة وقد عرفت فيما بعد بقوانين كبلر وهي :

أولاً — تدور الكواكب السيارة جميعها حول الشمس في مدارات بيضاوية تحتل الشمس إحدى بورتياها .

ثانياً — الخط الواصل بين كل من الكواكب السيارة والشمس يرسم من مداره مساحات متساوية في أزمنة متساوية



(شكل ٨) مدار كوكب سيار بالنسبة

للشمس س وفق قوانين كبلر

أثناء شهر من الزمن وليكن شهر يناير ثم انتقل من ح إلى د أثناء شهر من الزمن وليكن يوليو فان مساحة القطاعين ا ب س ، ح د س متساويتان

ولما كان السيار في ح د أقرب إلى الشمس منه في ا ب فلاجل أن يتحقق هذا الشرط وهو تساوي المساحتين ا ب س ، ح د س يجب أن يكون القوس ح د أطول من القوس ا ب . وبما أن القوسين المذكورين قد قطعوا في فترتين متساويتين من الزمن استنتجنا أن كل سيار يكون أسرع في حركته كلما كان أقرب إلى الشمس وأن سرعة السيار في مداره ليست ثابتة .

ثالثاً - أن مربعات الأزمنة لدورات الكواكب السيارة حول الشمس تتناسب تناسباً طردياً مع مكعبات متوسط المسافات بينها وبين الشمس .
فإن فرغنا أن المشتري يتم دورته حول الشمس في زمن قدره N وأن متوسط بعده هو S وأن زحل يتم دورته حول الشمس في زمن قدره N' ومتوسط بعده منها هو S' فمن الممكن صياغة قانون كبلر الثالث في الصيغة الرياضية الآتية :

$$\left(\frac{S}{S'}\right)^3 = \left(\frac{N}{N'}\right)^2$$

ويستطيع القارئ أن يحقق بنفسه صحة هذا القانون بالتعويض في قيم N و N' و S و S' العددية من الجدول (صفحة ٤٣)

وقوانين كبلر هذه رغم أهميتها ليست سوى ترجمة لأرصاء تيكوبرا هي التاريخية ولسكنها لا تفسر لنا لماذا كانت مدارات الكواكب السيارة بيضية وليست دوائر تامة مثلاً كما زعم كبرنيق ولماذا يرسم الخط الواصل بين أى من الكواكب السيارة والشمس مساحات متساوية من مداره في أزمنة متساوية .

ولكن قانون الجاذبية العام للعالم الإنجليزى الشهير نيوتن (١٦٤٣ - ١٧٢٧) يفسرها تماماً وهكذا تصبح قوانین كبلر قوانین طبيعية بل وفي الواقع نتائج القانون الجاذبية العام مع أنها اكتشفت قبله .

قانون الجاذبية العام

منطوق القانون :

« كل جسم في الوجود مهما كان تركيبه الكيماوى أو الطبيعى يجذب إليه »
« كل جسم آخر بقوة تتناسب تناسباً طردياً مع حاصل ضرب كمية المادة في كل منهما وعكسياً مع مربع المسافة بينهما »

فن مظاهر هذه الخاصية التى أودعها الله فى الأجسام المادية كافة سقوط
الأجسام نحو الأرض فنحن إذا حاولنا أن نقدف بكره رأسياً إلى أعلا فلا
تلبث بعد قليل أن تعود إلى الأرض بفعل الجاذبية وإذا قذفنا الكرة فى إتجاه
ماثل عن الرأسى فإنها ترسم مساراً منحنياً ثم تعود ثانية إلى الأرض على بعد
من النقطة التى قذفت منها يتوقف طوله على قوة قذفها وزاوية إتجاهها ويعزى
ذلك أيضاً إلى فعل الجاذبية .

ويتحرك القمر حول الأرض بسرعة تقدر بنحو ألفين وثلثمائة ميل فى
الساعة وينحن مساره باستمرار نحو الأرض كما هو الحال فى المثال الأخير من
الأمثلة السابقة -- ولكن دون أن يسقط إلى الأرض ولولا هذا الإنحناء
المستمر نحو الأرض لبعد القمر فى الفضاء ولا تنهى به سفر سنة واحدة إلى
مكان سحيق فى الفضاء يساوى نحو عشرين مليون ميل بدلاً من بعده
الثابت تقريباً وقدره مائتين وأربعين ألف ميل .

ولقد عزا السير إسحق نيوتن هذا الإنحناء المستمر فى مسار القمر نحو
الأرض إلى التجاذب المتبادل بينهما ذلك التجاذب الشبيه فى نوعه بسقوط
الأجسام نحو الأرض فى الأمثلة الأولى وأن اختلاف فى مظهره وقاده تفكيره

السليم إلى اكتشاف أن هذا التجاذب من خاصية الأجسام كلها مهما كان تركيبها الكيميائى أو الطبيعى وأنه موجود بالفعل بين جميع الأجسام ولو أننا فى كثير من الأحيان لا نكاد ندرك أثره .

ولو فسرنا قليلا فى سر بقائنا على الأرض السكونية وفى أى نقطة منها ولأولئك الذين يعيشون فى نصف الكرة الجنوبي -- والذين عند ما تذكر أن الأرض كروية نشفق لأول وهلة أن يسقطوا منها فى الفضاء العظيم -- لولا ما أودعه الله فيهم وفى الأرض من قوة الجاذبية التى تحول فى كل وقت دون أن يفلتوا من قبضتها الخالدة .

ومن آثار الجاذبية هذا الغلاف الهوائى الذى يحيط بالأرض والذى لولاه لاستحالت الحياة على سطحها فجزئيات الهواء تنطلق فى جميع الاتجاهات بسرعة تقدر بمئات الأمتار فى الثانية . ولكن قبضة جاذبية الأرض عليها أقوى من أن تتيح لها الإلتشار فى الفضاء . ويقدر الرياضيون أن أى جسم يستطيع أن يتخلص من قبضة جاذبية الأرض إذا انطلق بسرعة لا تقل عن سبعة أميال فى الثانية .

ولقد وجد نيوتن أن قوة الجاذبية لجسم ما تزداد أطرادا بازدياد كتلته ولما كانت الأرض من الضخامة بحيث يحقر بجانبها كل شئ آخر على سطحها لم ندرك بادية الأمر أثر الجاذبية فيما عداها من الأجسام وحسبنا دائما أن قوة الجاذبية من خصائص الأرض وحدها دون غيرها مع أنها من خواص الأجسام كلها صغيرها وكبيرها ومهما كان شكلها أو تركيبها والسبب فى أننا لا ندرك أثرها فى الأجسام العادية هو ضآلة مقاديرها .

ومع ذلك فقد أمكن عمل التجارب المختلفة لقياس الجاذبية بين الأجسام وتحقيق قانون الجاذبية مما يجده القارىء في كتب الطبيعة .

فلو فرضنا أن جسمين المسافة بين مركزي ثقلها تساوى سنتيمترا واحدا وأن قوة التجاذب بينهما تساوى ٣٦ وحدة من وحدات القوى مثلا فإنه عند ما تكون المسافة بينهما ٣ سنتيمتر بدلا من واحد تصبح قوة التجاذب بينهما ٩ وحدات بدلا من ٣٦ . أى الربع وعند ما تصير المسافة بينهما ٣ سنتيمترات تصبح قوة التجاذب بينهما ٤ وحدات وهكذا .

ولما كانت المسافة بيننا جميعا وبين مركز الأرض (وهى مركز الثقل لها) واحدة نجد أن التجاذب المتبادل بيننا وبين الأرض يختلف كمية باختلاف مقدار السكتلة فى كل منا وهو ما نعبر عنه بأوزاننا

ولما كانت الأرض غير كاملة التسكور وان قطرها الواصل بين قطبيها أقصر من قطرها الاستوائى فقوة التجاذب بين الأرض وجسم معين تختلف باختلاف مكانه من سطح الأرض فيكون وزنه أكبر ما يكون عند أحد القطبين وأصغر ما يكون على محيط خط الاستواء .

والجذب الذى تجذب به الأرض فى مكان ما طنا من الرصاص يساوى الجذب الذى تجذب به الأرض طنا من الورق أو طنا من الماء وهذه هى الحقيقة العلمية التى تقوم عليها شئون التجارة بين الناس

فاذا عرفنا هذا استطعنا تقدير كتلة المادة التى تحتوىها الأرض من حساب مقدار جذبها لطن من الرصاص أو لكرة صغيرة قذفت فانحنى مسارها إلى أن

اكتشاف الكواكب السيارة

« أرانوس و نبتون و بلوتو »

ذكرنا آنفا أن القدماء كانوا يعرفون من الكواكب السيارة خمسة هم عطارد والزهرة والمريخ والمشتري وزحل وقد رأينا كيف ثبت في فجر القرن السابع عشر أن الأرض كوكب سيار .

وفي عام ١٧٨١ رأى السير وليم هرشل جسما غريبا في منظاره فوصفه بأنه نجم سديمي أو مذنب ولكن الرصد العديدة التي أخذت له بعد ذلك أثبتت أن هذا الجسم الغريب كوكب سيار وأسماه انفلـكـيون « أرانوس » وقد دل البحث بعد ذلك على أن ثمة إرصاد كثيرة أخذت له قبل ذلك التاريخ باعتباره نجما لا كوكبا سيارا وقد أتاحت هذه الارصاد حساب مداره حول الشمس ومواقعه في الأزمنة المستقبلية .

غير أنه لوحظ بعد ذلك وعلى مرور السنين أن حركة أرانوس في السماء لا تطابق المواقع المستنبطة بالحساب تطابقا تاما ومع أن الفرق بينهما طفيف لم يعدو دقيقتين قوسيتين ألا أنه لم يكن هناك ما يبرره . فواقع السيارة المستنبطة بالحساب قد وجدت بعد حساب قوى الجاذبية عليه من الشمس والكواكب السيارة الأخرى جميعها على أساس قانون الجاذبية

فليس ما يبرر وجود هذا الاختلاف إلا أحد أمرين الأول أن يكون قانون الجاذبية العام الذي استنبطت على أساسه مواقع السيارة بالحساب قانونا

غير طبيعي فيكون الخطأ في جانب الحساب والثاني أن يكون هناك جسم آخر غير معروف يؤثر في أرانوس بالجذب .

ولقد تمكن إثنان من نوابغ الرياضيين « آدمز » الإنجليزي و « لافرييه » الفرنسي من حل هذه المسألة مستقلين أحدهما عن الآخر بفرض وجود سيار ثامن فحسبها موقعه في السماء من مقدار تأثيره بالجاذبية في أرانوس عام ١٨٤٥ .

وبالفعل عندما صوب الفلكيون مراقبهم الضخمة إلى المواقع من السماء التي أشار بها آدمز ولافرييه وجدوا هذا الكوكب السيار المنشود فكان هذا انتصاراً لنظرية الجاذبية لا يعادله انتصار آخر في ميادين البحث العلمي وأسماه « بنبتون » .

ولقد كان من الطبيعي أن يتابع الفلكيون أرصادهم على هذا الكوكب السيار كما فعلوا في أرانوس ليروا كيف تحقق الأرصاد الفلكية المواقع المستنبطة بالحساب على أساس نظرية الجاذبية العامة ولقد تميزوا باختلافات طفيفة بينهما يشابه ما وجدوه بادي . الأمر في حالة أرانوس فاستنتجوا في الحال وجود كوكب سيار تاسع .

ولقد أتم الدكتور « لويل » برصد فلاجستاف بأريزونا بحثه النظري عن هذا السيار وفي ١٢ مارس ١٩٣٠ أعلن اكتشافه خلال المنظار ولكن بعد وفاة « لويل » ولقد سمي السيار الجديد بلوتو اشتقاقاً من الأسطورة اليونانية لأن بلوتو أخ المشتري ونبتون وابن زحل .

ولا يصغرن من قيمة هذا الاكتشاف أن الطريقة العلمية التي استخدمت في اكتشافه هي بعينها الطريقة التي استخدمت في اكتشاف نبتون . إذ يجب أن نتذكر أن هذا السيار يبدو ضئيلاً بحيث أن أصغر النجوم التي ترى بالعين المجردة ألمع منه بنحو ١٦٠٠ مرة ولهذا كان اكتشافه من المسائل الفنية الصعبة .

وبلوتو هو آخر ما اكتشف من الكواكب السيارة ولم يمض من الوقت ما يكفي للحكم باحتمال وجود سيارات أخرى .

الكوكب السيارة	مدّة دورته حول الشمس	متوسط بعده من الشمس باعتبار ١ = بعد الأرض	قطره بالميل	عدد أقماره	وزنه باعتبار ١ = وزن الأرض	كثافته	مدّة دورته حول نفسه	متوسط سرعته في مداره بالميل في الثانية
عطارد	٨٨ يوما	٠,٣٩	٣٠٠٠	٠	٠,٠٥	٣,٨	٨٨ يوم	٣٥-٢٣
الزهرة	٢٢٥	٠,٧٢	٤٠٠٠	٠	٠,٨٣	٥,٢	٢٢٥	٢٢
الأرض	٣٦٥,٢٥ سنة	١,٠٠	٧٩٢٦	١	١,٠٠	٥,٥	٣٦٥,٢٥	١٩,٥
المريخ	١,٨٨ سنة	١,٥٢	٤٢٠٠	٢	٠,١١	٣,٩	٢٤٣٧	١٥
المشتري	١١,٨٦	٥,٢٠	٨٨٧٠٠	٩	٣١٨٤	١,٣	٩٥١	٨
زحل	٢٩,٤٦	٩,٥٤	٧٥١٠٠	٩	٩٥٢٢	٧	١٠١٤	٦,٥
أورانوس	٨٤,٠٢	١٩,١٩	٣٠٩٠٠	٤	١٤٢٦	١,٤	١٠٤٥	٤
نبتون	١٦٤,٧٩	٣٠,٧٠	٣٣٠٠٠	١	١٦٢٩	١,٣	٧٥٠	٣,٥
بلوتو	٢٥٠,٠٠	٤٠,٠٠	٣٦٠٠٠	—	—	—	—	—

ويتضح من هذا الجدول أجمالا أن أكبر الكواكب السيارة كتلة وحجمها المشترى وزحل ويقعان في الوسط بالنسبة لمجموعة الكواكب السيارة وهما أكثر أقمارا وتقل الكتلة والحجم وعدد الأقمار اضطرابا في الطرفين في المجموعة ويلاحظ أيضا أن متوسط سرعة السيار في مداره تزيد اضطرابا كلما كان قريبا من الشمس فهي تتراوح بين ٢٣ إلى ٣٥ ميل في الثانية لعطارد وتبلغ ٣٥ ميل في الثانية لنبتون وكذلك مدة دورة السيار حول نفسه تزيد اضطرابا مع قربها من الشمس .

والآن فسنتكلم عن كل منها بشيء من التفصيل .

عطارد - هو أقرب الكواكب السيارة من الشمس وهو صغير الحجم إذ أن قطره يساوي ثلاثة آلاف ميل فهو أكبر من القمر بنحو ٤٠ في المائة وليس له أقمار ويبلغ وزنه خمسة في المائة من وزن الأرض ولقربه من الشمس فرويته نادرة ويرى في المنظار كهلالة عندما يكون قريبا من الشمس وكنصف قمر عندما يكون بعده الزاوي من الشمس ٢٨ درجة وهو أقصى بعد يصل إليه

وهو كالقمر لا تحيط به طبقة هوائية نظرا لصغره ويبلغ بعده من الشمس عندما يكون في نقطة الرأس ٢٩ مليون ميل وفي نقطة الذنب ٤٢ مليون ميل الزهرة - هي أشبه الكواكب السيارة بالأرض فقطرها يساوي ٧٦٠٠ ميل ووزنها أربعة أخماس وزن الأرض وليس لها أقمار وتحيط بها طبقة هوائية كثيفة تحجب عن الراصد رؤية مميزات سطحها

ومدة دورتها حول محورها تساوى على الأرجح مدة دورانها حول الشمس أعنى ٣٢٥ يوما ولذلك يتعرض دائما لنصف سطحها نحو الشمس ويبقى النصف الآخر محتجبا .

وليس من المحقق وجود الأكسجين أو بخار الماء في الطبقة الهوائية التي تحيط بالزهرة .

المريخ ويبلغ قطره ٤١٠٠ ميل ويدور حول محوره مرة في كل ٢٤ ساعة و٣٧ دقيقة وحول الشمس مرة كل ٦٨٧ يوما فهو يشبه الأرض كثيرا من هذه الوجوه وفضلا عن ذلك فان دائرته الاستوائية تميل على مستوى مداره حول الشمس بمقدار ٢٥ درجة .

ولهذا السبب نجد أن له فصولا تشابه الفصول الفلكية على سطح الأرض ولما كان الاختلاف المركزى لمداره كبيرا فان بعده من الأرض عند الاستقبال يتراوح بين ٢٥ و٦٢ مليون ميل .

وللمريخ قمران اكتشفا عام ١٨٨٧ أحدهما يسمى (فوبوس) والآخر يسمى (ديموس) وهما صغيران تتراوح أقطارهما بين ١٠ أميال وخمسين ميل ويدور الأول حول المريخ في ٧ ساعات و٣٧ دقيقة والثانى في ٣٠ ساعة و١٨ دقيقة ونظرا للتشابه الكبير فى جرمى المريخ والأرض مال الكثيرون إلى الاعتقاد بوجود الحياة على سطحه وأثارت هذه المسألة اهتمام الفلكيين منذ أواخر القرن الماضى حتى أوائل هذا القرن .

ولقد دلت الأبحاث العديدة التى عملت لهذا الغرض على أن المناطق

الشمالية في المريخ تصل إلى ٧٠ درجة سنتجراد تحت الصفر وتتراوح درجة الحرارة في المناطق الوسطى بين ١٠ درجات و ٢٠ درجة عند الظهر في المريخ فوق المناطق التي سميت (خطأ) ، بحار المريخ ، وبين ٥ درجات فوق الصفر و ٥ درجات تحت الصفر فوق البقاع المسماة (قارات المريخ)

أما ليل المريخ فشدide البرودة إذ تصل درجة الحرارة عليه ٤٥ درجة تحت الصفر قبيل شروق الشمس عليه وحوالي الصفر عند شروقها .

ولقد أثبت التحليل الطيفي وجود بخار في الطبقة الهوائية المحيطة به .
ويوجد عند قطبيه طبقات من الجليد .

ومع أن النخيرات الموسمية على سطحه تدل على وجود نوع من الحياة النباتية على سطحه إلا أنه من المرجح عدم وجود أحياء عاقلة على سطحه وأن مظاهر الحياة عليه أشبه شيء بالحياة على الأرض بعد ملايين أخرى من السنين عندما تقل طاقة إشعاع الشمس التي نستمددها منها الآن عما هي عليه .

المشتري - هو أكبر الكواكب السيارة ويبلغ قطره الاستوائي ٨٨٧٠٠ ميل وقطره الواصل بين قطبيه ٧٢٧٠٠ ميل ويبلغ وزنه 3.1×10^6 من وزن الشمس أو مايزيد عن وزن جميع الكواكب السيارة الأخرى وكثافته ١.٣٤ من كثافة الماء ويبلغ عدد أقماره تسعة أكبرها التي إلى الداخل وهي التي اكتشفها جاليليو ، عند اختراع المنظار وتفاوت أقطارها بين ٢٠٦٠ ميل و ٣٥٨٩ ميل ومدة دوراتها حول المشتري تتراوح بين يوم واحد و ١٦٢ يوم

وتدور السبعة أقمار القريبة من المشتري حوله في نفس الاتجاه أما الانان البعيدان فيدوران حوله في اتجاه مضاد .

ومما هو جدير بالملاحظة أن مستوى مدارات الأربعة أقمار التي للداخل لا تبعد كثيرا عن مدار المشتري حول الشمس كما أن مستوى مدار المشتري حول الشمس لا يبعد كثيرا عن مستوى الدائرة الكسوفية . ولهذا السبب تبدو أقمار المشترى تتحرك في خط مستقيم من أمام الكوكب السيار العظيم أو من خلفه .

وقد راقب الفلكيون حركة أقمار المشتري منذ اكتشافها وحسبوا أوقات عبورها فوقه أو كسوفها خلفه وسرعان ما لاحظوا أن المشتري عندما يكون في الامةقبال - حيث يكون أقرب ما يمكن للأرض - يحدث كسوف أقماره قبيل الأوقات المستنبطة بالحساب بدقائق معدودة وعند ما يكون المشتري أبعد من الأرض من بعده المتوسط يحدث الكسوف بعد الأوقات المحدودة بالحساب .

ولقد هيأت هذه الظاهرة الفلكية الظروف لاكتشاف من أهم الاكتشاف العلمية فقد علمها الفلكي الهولندي أولوس رومر عام ١٦٧٥ بأن للضوء سرعة محدودة ونمكن من دراسة هذه الظاهر من استنباط سرعة الضوء .

ومن السهل أن نرى أنه لو كانت سرعة الضوء غير محدودة - كما كان يظن قبل ذلك - فإن كسوف أحد أقمار المشتري يراه الراصد على سطح الأرض في نفس اللحظة التي يقع فيها بصرف النظر عن البعد بين الأرض والمشتري .

ويرى على سطح المشتري من خلال المشتري نطاق رائع المنظر على جانبي دائرته الاستوائية .

وفي عام ١٨٧٧ شوهد على سطحه بقعة بيضاء لونها أحمر فأنح ولو حظ
مع مرور الزمن أنها تزداد احمرارا مع مرور الزمن حتى تلاشت عام ١٩١٩
وقد لوحظ أن مدة دوران المشتري حول نفسه عند المناطق الاستوائية
تسع ساعات وخمسون دقيقة وعند القطبين نحو تسع ساعات وخمسين دقيقة
فهو يشبه الشمس من هذه الناحية .

وليس هناك شك في أن المشتري تحيط به طبقة كثيفة من الهواء
ويلاحظ أن كثافته ($\frac{1}{4}$ كثافة الماء) تساوى تقريبا الكثافة المتوسطة للشمس
ولذا اعتقد بعض العلماء أن المشتري جسم غازي وأن درجة حرارته ليست
كافية لتجعله يشع الضوء كالشمس .

ولكن العالم الرياضى هارولد جفرى استنتج من البحث النظرى عام
١٩٢٤ أن المشتري مكون من قلب صخرى يحيط به طبقة من الثلج يقدر
سمكها بآلاف الأميال تعلوها طبقة هوائية ولقد أيدت الأرصاد الراديومترية
هذه النتيجة .

زحل - من أجمل الأجرام السماوية منظرا وهو فريد في شكله إذ تحيط
به حلقات رائعة المنظر وهو يلي المشتري حجما وهو مثله بفرطح عند
القطبين ويبلغ طول قطره الاستوائى ١٠٠ ٧٥ ميل وقطره الواصل بين
قطبيه ٦٧ ٢٩٠ ميل وله تسعة أقمار يدور الذى إلى الخارج منها فى اتجاه مضاد .

واستنتاج جفرى السالف الذكر عن المشتري يمكن تطبيقها على زحل
وهو كالمشتري من حيث حول دائرته الاستوائية نطاق واضح . ونباغ مدة دورته

حول نفسه عند النقط الاستوائية من سطحه حوالى عشر ساعات وربع وتزيد مدة الدورة فى النقط البعيدة من الدائرة الاستوائية كما هو الحال فى المشتري .

وكان كاسيني أول من لاحظ فى عام ١٦٨٥ أن حلقات المشتري غير متصلة — كما كان يظن قبل أن تتقدم صناعة المراقب — ورغم أنها مكونة من حلقتين أطلق على التى إلى الخارج منهما الحلقة ١ والأخرى ٢ يفصلهما قسم مظلم سبى « فاصل كاسيني » وفى أوائل القرن الماضى اكتشف « إنك » فاصلاً مظلياً آخر فى ١ سبى بأسمه .

وفى عام ١٨٥٠ اكتشف كل من بوند ودوز مستقل أحدهما عن الآخر إمتداداً للجزء ٢ إلى ناحية المشتري سبى « الحلقة الكريبيّة » .

وتدل أبحاث كيلر عام ١٨٩٥ وأرصاده أن كلا من هذه الحلقات تتكون من أجسام دقيقة غاية فى الصغر تدور حول زحل بسرعة تزيد كلما كانت أقرب إلى زحل أو بمعنى آخر فهى أقمار فى ذاتها .

وفى عام ١٩١٧ لاحظ السكبتن إينزلى أن زحل عندما يمر أمام أحد النجوم يحجب كثيراً من ضوءها عندما يكون النجم فى إتجاه الحلقة ١ وعندما يكون النجم فى إتجاه فاصل كاسيني يبدو لامعا لمعانه العادى كأنه غير محتجب بشىء فاستنتج أن هذه الفواصل خالية من المادة خلواً يكاد يكون مطلقاً .

ويبلغ سمك قسم كاسيني ٣٠٠٠ ميل .

أرانوس ونبتون وبلوتو : للـ أول منها أربعة أقمار تدور حوله فى إتجاه تقهقرى فى مدارات عمودية على مدار أرانوس حول الشمس وهى ظاهرة غريبة فى النظام الشمسى ويدور أرانوس حول نفسه مرة فى كل إحدى عشر ساعة .

أما نبتون فله قمر واحد يدور حوله في إتجاه تقهقرى أيضا ويتم نبتون مداره حول الشمس في ١٦٥ سنة فلكا، قد قطع منذ اكتشافه عام ١٨٤٦ ما يزيد قليلا عن نصف مداره .

ويقدر بعده من الشمس بنحو ثلاثين مرة بعد الأرض أو ما يعادل ألفين وثمانمائة مليون ميل .

أما بلوتو فلم يعرف عنه إلا الآن أكثر مما يوجد في الجدول السابق سوى أن درجة الحرارة على سطحه تبلغ ٢٣٠ درجة مئوية تحت الصفر .

النجوميات

وضع بود عام ١٧٧٢ قاعدته المعروفة بقانون بود عن أبعاد الكواكب السيارة المختلفة من الشمس وفحوى هذه القاعدة أننا لو وضعنا الأعداد صفر ٦ ١ ٢ ٤ ٨ ١٦ ٣٢ ٦٤

وضربنا كل منها في العدد ٣ وأضفنا إلى حاصل الضرب العدد ٤ فإن الأعداد الناتجة تمثل على وجه التقريب أبعاد الكواكب السيارة من الشمس كما يتبين من الجدول الآتي وفي السطر الثاني الأعداد المستنبطة بقانون بود وفي السطر الثالث الأبعاد الحقيقية على اعتبار أن بعد الأرض يساوى ١٠ وحدات .

صفر	١	٢	٤	٨	١٦	٣٢	٦٤	١٢٨	٢٥٦
٤	٧	١٠	١٦	٢٨	٥٢	١٠٠	١٩٦	٣٨٨	٧٧٢
٣٠٩	٧٢٢	١٠	١٥٢	×	٥٢٠	٩٥٤	١٩١٩	٣٠٠٧	
عطارد	الزهرة	الأرض	المريخ		المشتري	زحل	أورانوس	نبتون	

ولقد لوحظ أن بين المريخ والمشتري مكانا خاليا من أحد أفراد المجموعة الشمسية المعروفة وبرغم أن هذه القاعدة ليست قانونا طبيعيا فقد أثار وجود هذا الفراغ إهتمام الفلاسكين وصاروا يبحثون عن السيار المفقود طويلا حتى كان أول يناير عام ١٨٠١ حين أعلن الفلاسكى الإيطالى « بيازى » إكتشاف جرم سماوى لم يكن معروفا من قبل وبحساب مواقعته فى السماء فى أوقات مختلفة تبين أنه أحد أعضاء النظام الشمسى وسمى « سيرس » وقد وجد أيضا أن مداره ينطبق على مدار السيار المفقود الذى كانوا يبحثون عنه تحقيقا لقاعدة بود ولكنه لم يكن من الكبر بمقدار ما كانوا يتوقعون فإن قطره لا يزيد عن ٤٨٠ ميل أو ما يعادل خمس قطر عطارد .

وفى عام ١٨٠٣ اكتشف « أولبرز » سيارا صغيرا آخرسمى « بالاس » وظن الفلاسكيون أنه لابد وأن يكون هناك سيارات صغيرة أخرى مثلها فصاروا يبحثون عنها حتى بلغ ما اكتشف منها فى نهاية عام ١٨٠٧ أربعة .

وفى عام ١٨٤٥ اكتشف الخامس وعندما أدخل « ماكس ولف » الفتوغرافيا فى الأرصاد الفلاسكية عام ١٨٧١ سهل البحث عنها حتى صار عدد ما اكتشف منها فى نهاية ١٩٢٦ ألفين تقريبا اكتشف ولف وحده منها أكثر من خمسمائة .

وقد وجد أن بعضها ضئيل الجرم جدا يبلغ قطره نحو ميلين أو ثلاثة وتقع مدارتها جميعا مع استثناء واحد أو اثنين . بين مدارى المريخ والمشتري وبالنظر إلى كثرة عددها فقد رمن إليها بأعداد وللقليل منها باسماء تخليدا لذكرى مكتشفها مثل « بيازى » تخليدا لاسم بيازى و « جوسيا » تخليدا لاسم الرياضى الألمانى الذى حسب مدارها و « البرزبا » تخليدا لاسم أولبرز

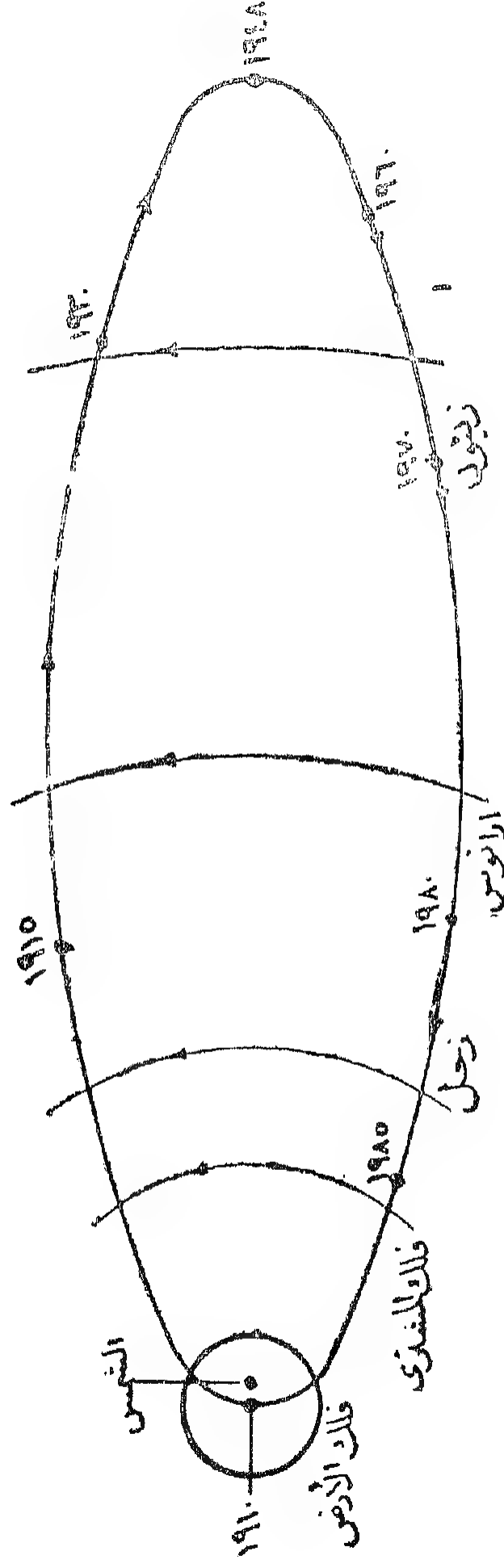
وعما هو جدير بالملاحظة أن هذه القاعدة لا تحقق بعد كل من نبتون وبلوتو بنفس الدقة التي تحقق بها بعد السيارت الأخرى فيبينها أن بعد بلوتو الحقيقي يعادل ٤٠٠ إذا كان بعد الأرض ١٠ وحدات نجد أن العدد المقابل له في الجدول كما يستنبط من قاعدة بود هو ٧٧٢

المذنبات

كان ظهور المذنبات قديماً مصدراً للخوف والذعر وكان الناس يعتقدون أنها علامات على غضب المولى عز وجل

والمذنبات الكبيرة ثلاثة أجزاء رئيسية مميزة وهي : (١) الرأس وهو سحابة الشكل (٢) النواة وتقع في وسط الرأس وتكون لامعة كالنجم (٣) والذنب ويبلغ طوله في بعض المذنبات ملايين عدة من الأميال

والى ما قبل أواخر القرن السابع عشر لم تكن طبيعة المذنبات معروفة فكانت تفاجئ الناس بظهورها ثم تختفي بعد حين يطول أو يقصر وفي عام ١٦٨٢ ظهر مذنب كبير فزعم الفلكي الانجليزي « هالي » أنه هو نفس المذنب الذي ظهر قبل ذلك في سنتي ١٦٠٧ ، ١٥٣١ ومن ثم حسب مداره وتنبأ بأنه سيعود للظهور مستقبلاً في سنتي ١٧٥٨ و ١٩١٠ وقد تحققت نبوته بالفعل وقد بنى هالي زعمه على أساس أن المذنبات من المجموعة الشمسية تدور حول الشمس في مدارات تختلف عن مدارات السيارت في أن الأولى ذوات اختلاف مركزي كبير بينما الثانية تكاد تكون دائرية وزعم أيضاً أن اتجاه سيرها في مدارتها حول الشمس مضاد لاتجاه سير السيارت . فبعضها يقترب من الشمس حتى يكون داخل مدار الأرض ثم



(شكل ٩)

مسار مذنب هالي بالنسبة لمسارات السيارت ومواقعه أثناء دورة كاملة ابتداء من ١٩١٠

يبتعد عنها شيئاً فشيئاً حتى يخرج عن مدار المشتري أو مدار نبتون
(انظر شكل ٩)

ويبلغ عدد المذنبات التي تقرب في سيرها من مدار المشتري نحو خمسين
مذنبا وتبدو المذنبات عندما تقترب من الأرض من أكبر الاجرام السماوية
وأروعها منظرا ولسكنها في الحقيقة من أقلام كتلة وربما لا يزيد وزن أكبرها
من جزء من مليون من وزن الأرض ويلاحظ في جميع المذنبات أن اتجاه
الذنب يكون دائما متجها إلى الناحية الأخرى من الشمس فإذا كانت الشمس
في ناحية الشرق فإن الذنب يكون متجها إلى الغرب وإذا كانت الشمس في
الغرب فإن الذنب يكون متجها نحو الشرق وهذه الظاهرة تؤيدها الارصاد
الطيفية تدلنا على أن المادة المكونة للذنب قليلة الكثافة جدا إلى درجة
أن ضغط اشعاع الشمس عليها كاف لأن يوجهها في الاتجاه المقابل للشمس
وقد ثبت من التحليل الطيفي لضوء المذنبات أن بعضه تشعه بعض
المركبات الكربونية في مادتها والبعض الآخر هو ضوء الشمس
منعكسا عليها .

وهناك مذنبات صغيرة لا ترى إلا بالمنظار وكثير منها ليس له ذنب
وهو العلامة الهامة المميزة لهذا النوع من الاجرام السماوية ومتوسط ما يرى
منها بالمنظار في كل عام ستة .

الشهب والنيازك

الشهب أجسام صغيرة من النظام الشمسي تكون مجموعات كأسراب
الطير وتسبح في الفضاء حول الشمس في مدارات بيضية وتتراوح أوزانها

بن أوقيات قليلة وأطنان مدة وعند تمر الأرض أثناء سيرها حول الشمس بدار إحدى هذه المجموعات تجذبها إليها فتهدى نحوها فرادى بسرعة كبيرة ويتولد من احتكاكها بالطبقة الهوائية المحيطة بالأرض حرارة شديدة فتشتعل، ويذهب معظمها هباء في الجو أما القليل جدا منها بما لا تكفي الحرارة المتولدة فيه بالاحتكاك مع الهواء لتبخره فيسقط إلى الأرض وهو ما يسمى عادة نيازك وترى في المتاحف العلمية

وترى الشهب في كل ليلة ويكثر عدد ما يرى منها في الليالي الغير قمرية لالسبب سوى أن ضوء القمر يحجب رؤية الكثير منها وهي في بعض الأوقات أكثر منها في غيرها ومعظمها يبلغ في ضيائه درجة لمعان نجوم العين المجردة وبعضها يصل إلى درجة لمعان الزهرة أو المسمى

وهي ترسم باحتراقها في الجو خطوطا لامعه وقد تمسكت دقيقتين أو ثلاثة ومنها ما يصحبه صوت انفجار شديد وتسمى (السكرات النارية)

ومن الممكن تعيين ارتفاع هذه الشهب فوق سطح الأرض عند اشتعالها وتعيين سرعتها برصد خطوط سيرها بين النجوم من مكانين مختلفين على الأقل من سطح الأرض. وقد دلت مثل هذه الارصاد على أن ارتفاعها عند بدء رؤيتها نحو ٨٠ ميل وعند اختفائها نحو ٥٠ ميل وقد بلغ طول المسار الذي يرسمه بعضها مضيئا مئات عديدة من الأميال ومتوسط سرعتها داخل الطبقة الهوائية ٣٦ ميل في الثانية

أما السكرات النارية فتكون عادة على ارتفاع ١٠٠ ميل وتتوغل أكثر.

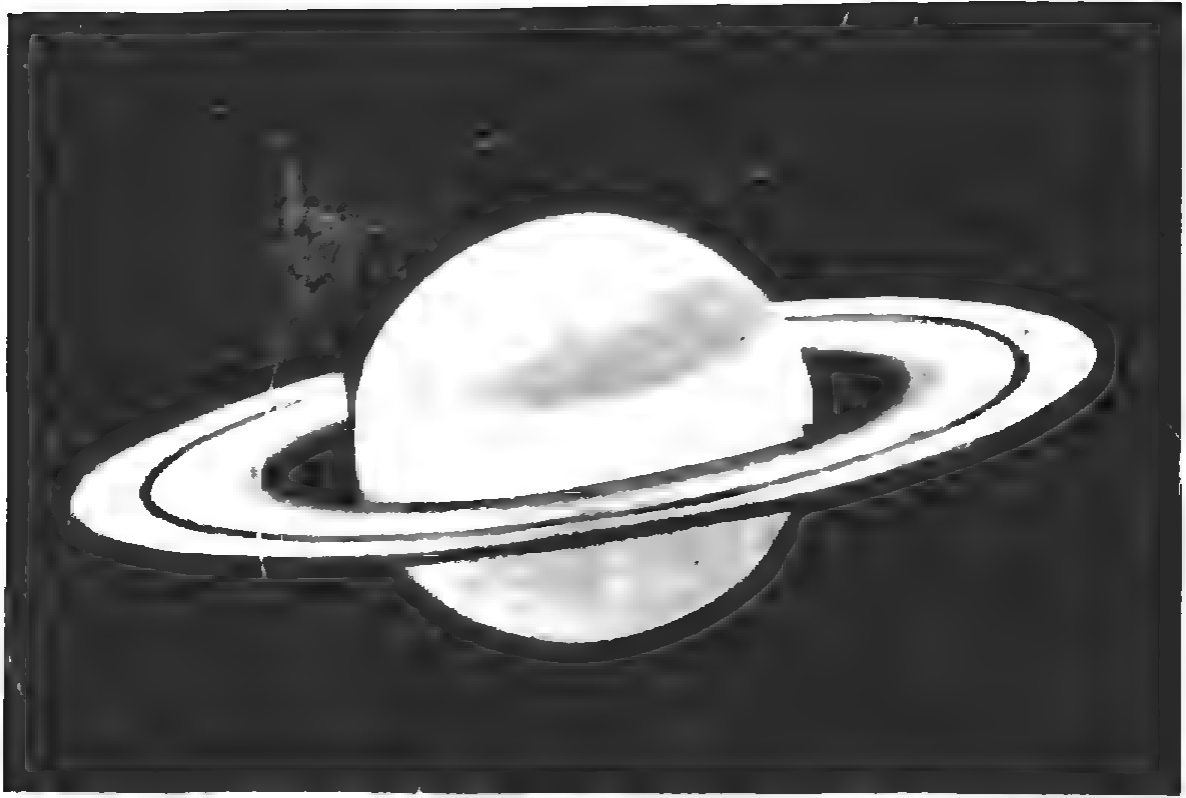
من غيرها في الطبقة الهوائية وعند اختفائها تكون على ارتفاع يتراوح بين خمسة وعشرة أميال

ويتراوح عدد ما يرى من الشهب في الساعة الواحدة بين ستة وستين ويقدر عدد ما يدخل منها الطبقة الهوائية يوميا بملايين عدة

وبتحليل ما وصل منها إلى الأرض وجد أن المواد الرئيسية فيها مكونة من الحجر الجيري والمنجنيز والحجر السيليسي مختلفة بحبيبات الحديد وقليل منها يحتوى على الحديد النقي متحدا مع النيكل بنسبة قليلة وعلى وجه العموم فليس بين العناصر المركبة لها عنصرا غير معروف على الأرض

ولو أننا رسمنا اتجاهات سير مجموعات الشهب في السماء لوجدنا أن كلا منها كانها تتشعب من نقطة واحدة في السماء تسمى باسمها ويتساقط وابل من الشهب من كل مجموعة في موسم معين وبعد دورة زمنية معينة وذلك لأن الأرض عندما تعبر مدارات هذه المجموعات سنويا تكون في بعض السنين أقرب إلى المجموعة منها في مرة أخرى ويكون تأثيرها عليها أشد فتسقط الشهب بغزارة وعندما تكون الأرض في نفس النقطة من مدارها في العام التالي تكون المجموعة قد بعدت عنها في مدارها فيقل تأثير جاذبية الأرض عليها ويقل بالتبعية عدد ما يسقط منها من الشهب

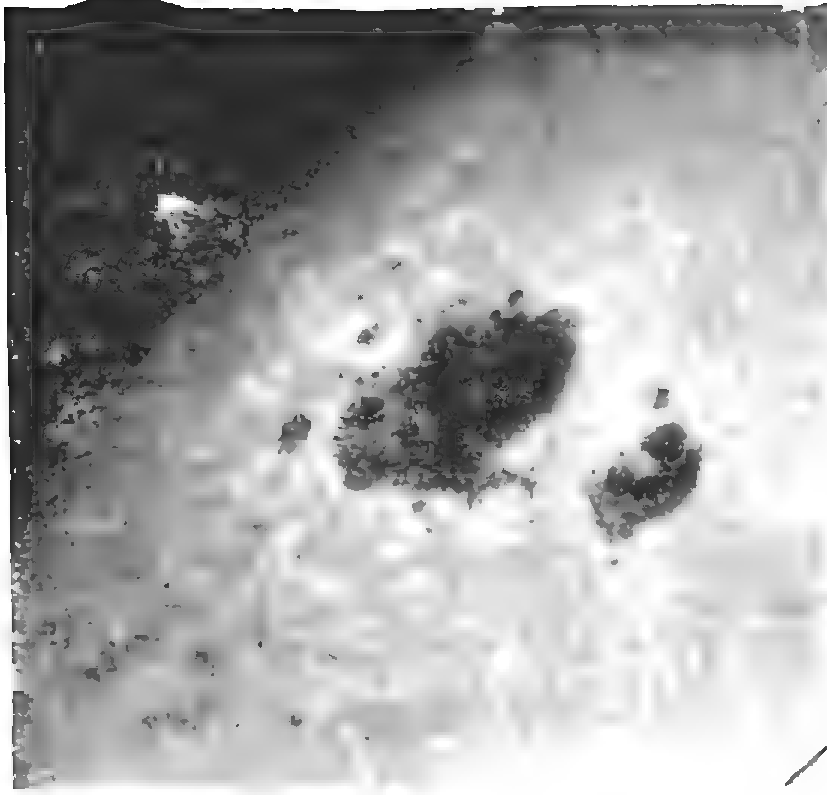
وتتوقف الدورة الزمنية لسقوط الشهب بغزارة من أى مجموعة على مدار هذه المجموعة حول الشمس ومدة دورتها حولها فالشهب الاسدية — نسبة إلى كوكب الامد التي تبدو كأنها تتشعب منها — تشاهد كل عام حوالى ١٤ نوفمبر ولكنها تسقط بغزارة مرة في كل ٣٣ سنة



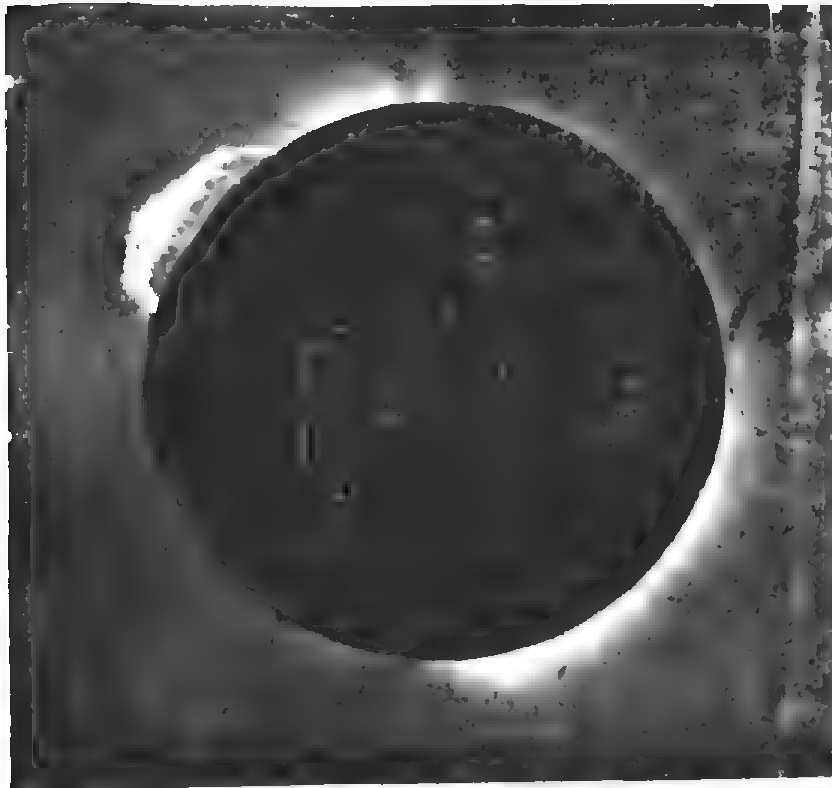
زحل



مذنب مورھوس نوفمبر عام ۱۹۰۸



صورة فوتوغرافية لكلف الشمس في ٢٠ يناير سنة ١٩٢٦

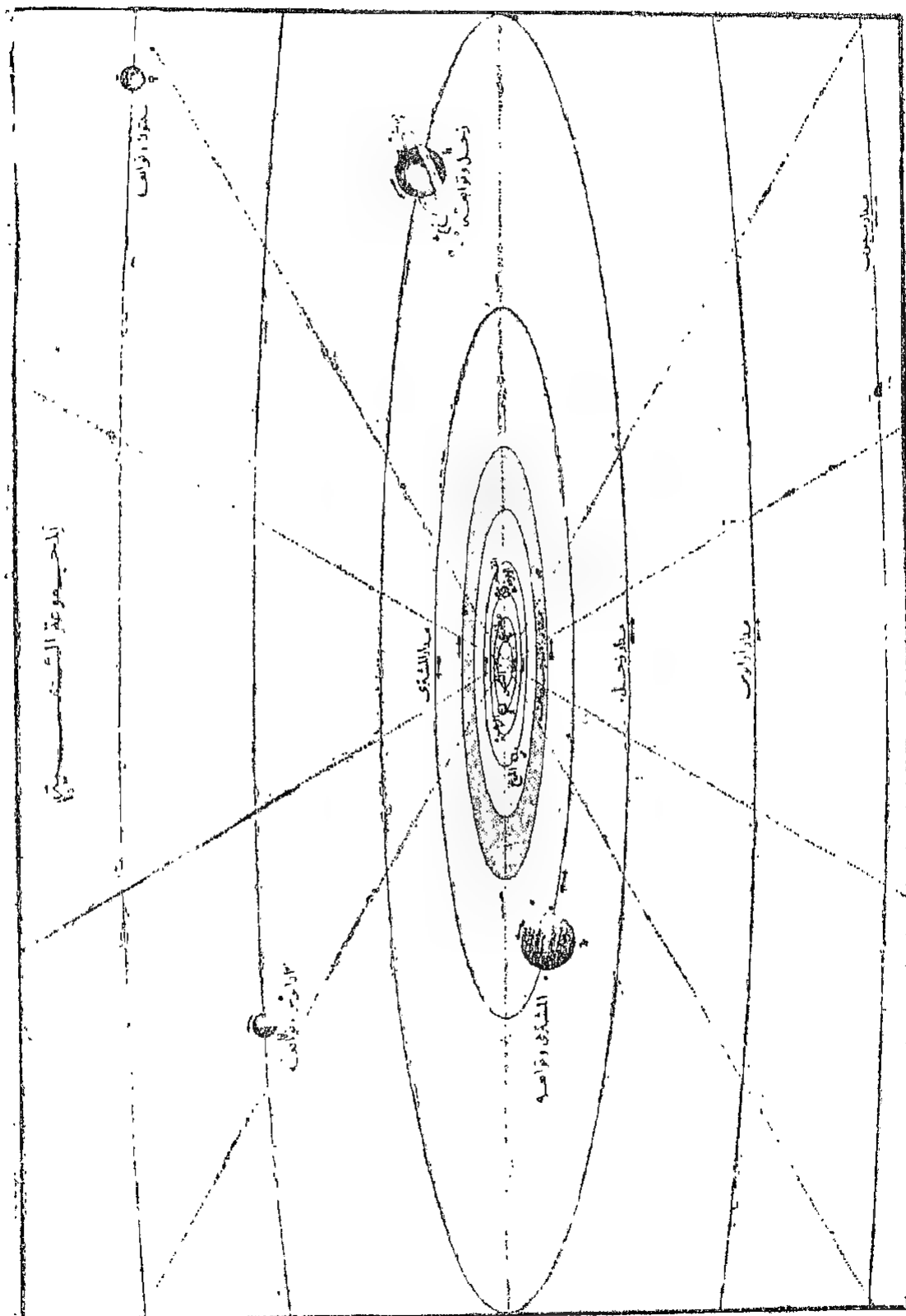


قرص الشمس أثناء كسوف كلي عام ١٩١٩ وفيه يظهر الاكليل
حول معظم القرص ولساناً ضخماً من اللهب

ارتباط الشهب بالمذنبات — شوهذ مذنب (بيلا) الكبير لآخر مرة عام ١٨٤٥ وفي يناير من السنة التالية شوهد هذا المذنب منقسما إلى جزئين منفصلين وعند عودته للظهور عام ١٨٥٣ وجد أن المسافة التي تفصل بين جزئيه كبيرة وفي عام ١٨٥٨ اختفى هذا المذنب نهائيا غير أنه في عام ١٨٧٣ — حيث كان منتظرا ظهور هذا المذنب — تساقط وابل كبير من الشهب من اتجاه كوكبه المראה المسلسلة وبحساب مدار نقطة تساقط الشهب وجد أنها تنطبق على مدار المفقود.

وتدل هذه الظاهرة على احتمال تكوين الشهب من المذنبات المحطمة

(شكل ١٠) المجموعة الشمسية



الباب الثالث

الشمس - الأرض - القمر

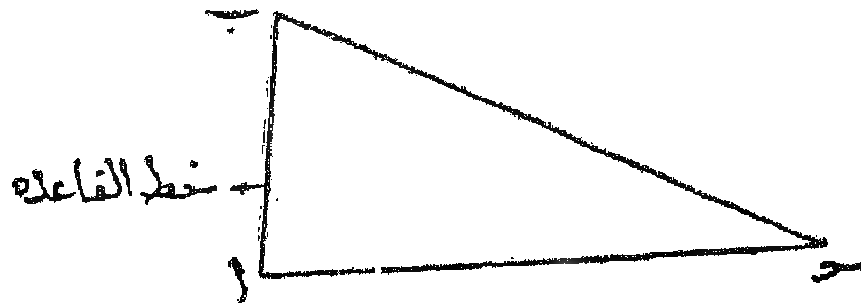
سننتكلم هنا عن النيرين الشمس والقمر وعن الأرض من الناحية الفلاسكية في شيء من التفصيل لأهميتها الخاصة بالنسبة إلينا . وسنبدا الكلام عن الشمس باعتبارها - في النظريات السكونية الحديثة - أم الأرض وجدة القمر

الشمس

هي أهم الاجرام السماوية قاطبة بالنسبة إلينا فمنها نستمد الحرارة والضوء وهما العاملان الأساسيان للحياة على سطح الأرض . وهي مركز النظام الشمسي . وهي وحدها في هذه المجموعة التي تشع الضوء ، أما السيارات وأقمارها فتمكس الضوء الساقط على سطوحها من الشمس والشمس نجم تمثل النسبة الغالبة في النجوم من حيث الحجم والوزن والكثافة ودرجة الحرارة وغيرها . وهي كروية الشكل . وتقدر الزاوية التي بين طرفي قطرها عند أى نقطة من سطح الأرض بنحو ٣٢ دقيقة قوسية في المتوسط . وتتغير هذه الزاوية تغيرا طفيفا على مدار الأيام أثناء السنة وذلك لأن البعد بينهما وبين الأرض غير ثابت لأن مدار الأرض حول الشمس ليس دائريا بل بيضيا . والحد الأعلى لهذه الزاوية هو ٣١,٦ دقيقة قوسية حيث تكون الأرض أبعد ما تكون منها ولما كان متوسط بعد الأرض من الشمس هو ٩٢,٩ مليون ميل استنتجنا أن قطر الشمس يساوى ٨٦٥,٠٠٠ ميل وهو ما يعادل مائة مرة قطر الأرض . وعلى هذا الأساس يقدر حجم

الشمس بنحو ١,٣٠٠,٠٠٠ حجم الأرض . أما وزنها فيقدر بنحو ٢٣٠,٠٠٠ مرة وزن الأرض . ومن هنا تقدر كثافة مادة الشمس بنحو ١,٠ ولما كان متوسط كثافة الأرض ٥, نجد أن الأخيرة تعادل أربعة مرات كثافة مادة الشمس

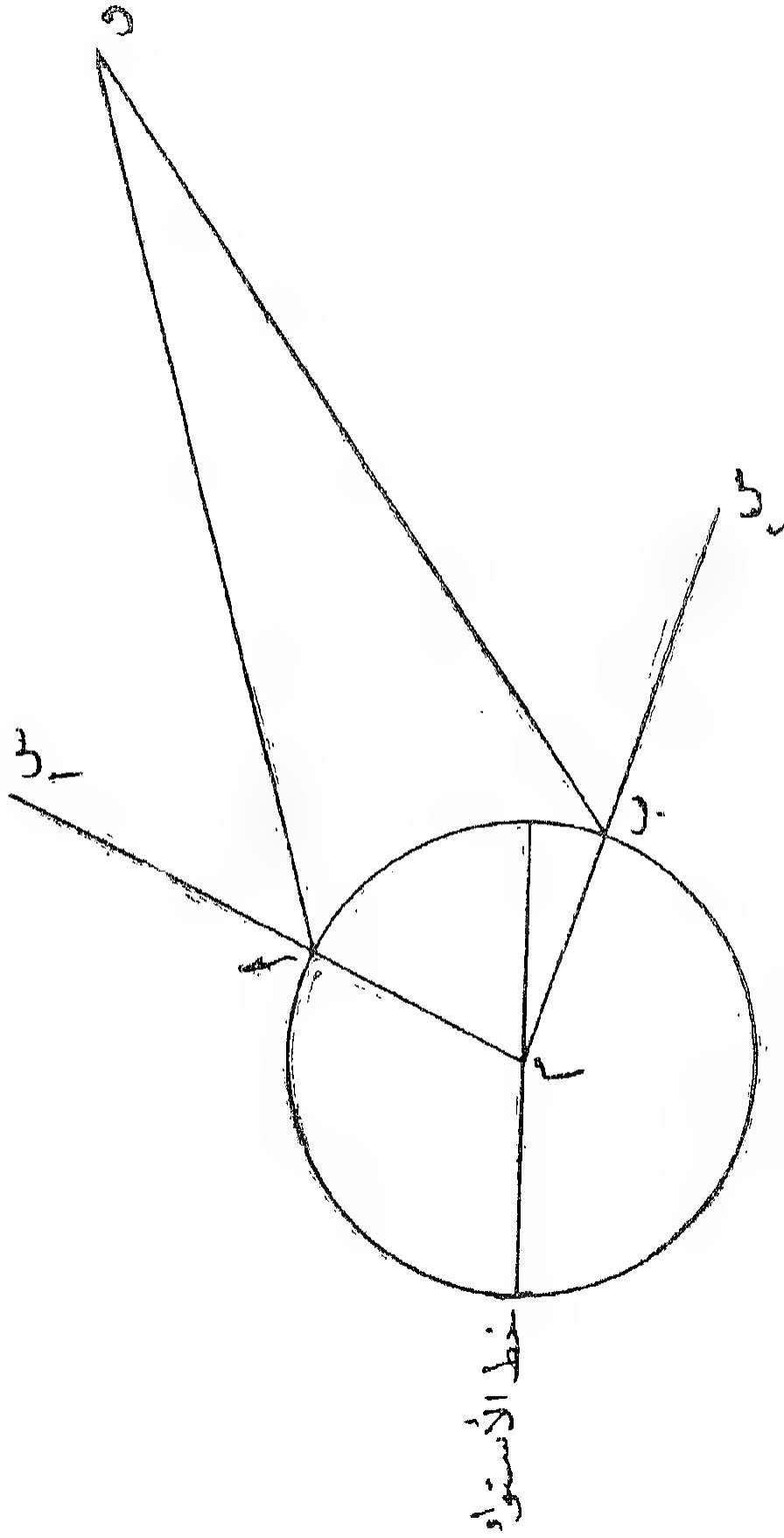
ويتخذ الفلاسكيون البعد المتوسط بين الأرض والشمس وحدة قياسية من وحدات الطول في المسائل الفلاسكية . واستنبطوا مقداره بطرق مختلفة ومن بين هذه الطرق تلك التي يستخدمها المساحون في تعيين البعد بين نقطتين يفصلهما عائق طبيعي كنهر أو تل مرتفع أ ب ح مثلا (شكل ١١) ففي مثل



(شكل ١١) قياس البعد بين نقطتين أ ب ح

هذه الحالة يبدأ المساحون بعمل مايسمونه (خط القاعدة) أ ب وقيسونه بكل دقة ومن طرفيه أ ب يقيسون الزاويتين ح أ ب و ب أ ح و ب أ ح والمثلث أ ب ح رياضيا يمكن استنتاج طول الخط أ ب . وللحصول على نتائج دقيقة يجب أن يكون طول خط القاعدة متناسبا في كل حالة لطول البعد المطلوب تعيينه

وبتطبيق هذه الطريقة في المسائل الفلاسكية نجد أنه لا يمكننا اتخاذ خط قاعدة أكبر من قطر الأرض . فإذا أردنا تعيين بعد القمر ق



(شكل ١٢) قياس بعد القمر ق

(شكل ١٢) نختار لذلك مرصدين مثل α و β على سطح الأرض وليكن أحدهما في نصف الكرة الشمالي والآخر في نصفها الجنوبي وبحيث يقعان على خط طول واحد إن أمكن كي يعبر القمر خط الزوال في كل منها في نفس الوقت

ومن كل من المرصدين يقاس البعد السمتي للقمر . وبما أن اتجاه سمت الرأس عند α هو الخط α س ، فالبعد السمتي للقمر عندها هو الزواية α س β وبالمثل فإن البعد السمتي للقمر في β هو الزواية β س γ

وبمعرفة خط عرض النقطتين α و β بكل دقة يمكن استنباط طول خط القاعدة α و كذا الزاويتين α و β م

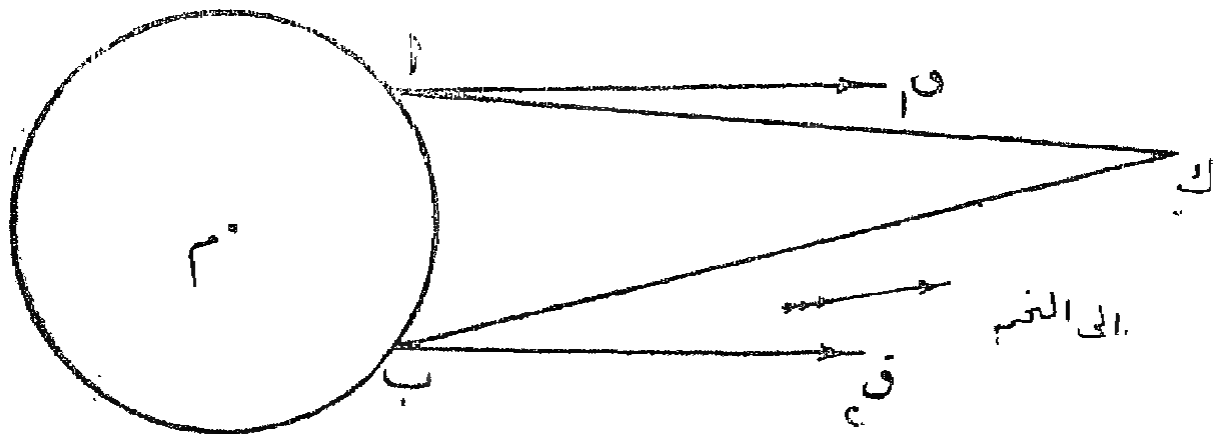
وبقياس الزاويتين α و β س γ و α س β و β س γ يمكن تعيين الزاويتين α و β ق γ و من ثم حساب المسافة ق γ . ومن السهل بعد ذلك تعيين المسافة م وهي البعد بين القمر ومركز الأرض وقد قدرت بنحو ٢٤٠.٠٠٠ ميل

ولقد وجد أن هذه الطريقة لا يمكن استخدامها في تعيين بعد الشمس وذلك لأن الشمس ليست جسما صلبا كالقمر فليس عليها نقطة ثابتة لأخذ الأرصاد الدقيقة . فضلا عن ذلك فإن البعد بينها وبين الأرض كبير جدا إلى درجة أن خط القاعدة مثل α و β صغير بالقياس لبعد الشمس بحيث لا يتنسى قياس الزاويتين عند طرفيه بالدقة المطلوبة

من أجل هذا يقدر الفلكيون بعد الشمس بقياس بعد أحد السيارات كالزهرة أو المريخ أو أحد النجوم عندما يكون أحدها أقرب ما يمكن للأرض

ثم استنباط بعد الشمس بتطبيق قانون كبلر الثالث بعد معرفة مدة دورتها -
حول الشمس

ويقدر البعد بين الأرض والسيار بطريقة مشابهة لتلك التي شرحناها
آنفا عن تعيين بعد القمر باختيار مكانين $أ$ و $ب$ على سطح الأرض ثم قياس
البعد الزاوي للسيار من أحد النجوم الثابتة $ج$ مثلا في وقت واحد بافتراض
ان النجم بعيد جدا في أعماق الفضاء بحيث يمكن اعتبار الأشعة الضوئية
التي تصل منه الى كل من $أ$ و $ب$ متوازية فتقاس الزاويتان $ج أ ب$ و $ج ب أ$
و بتعيينها تتوفر لدينا العناصر الرياضية اللازمة لحل المثلث وحساب
بعد السيار $ك$ (شكل ١٣) ولو تأملنا قليلا لوجدنا أنه ليس من الضروري



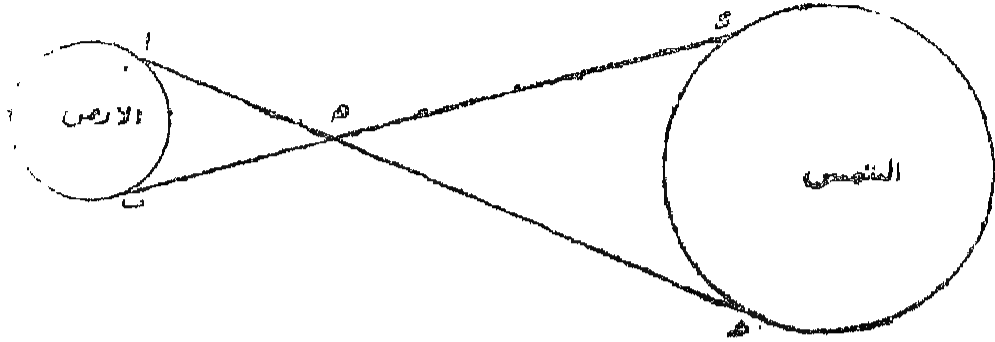
(شكل ١٣) قياس بعد كوكب سيار $ك$

للقيام بهذه العملية من وجود راصدين في مكانين مختلفين من سطح الأرض
مثل $أ$ و $ب$ وأنه يمكن لراصد واحد تعيين بعد السيار وذلك لأن دوران
الأرض حول نفسها من الغرب الى الشرق وتحرك الراصد نفسه في الفضاء
نتيجة لذلك يهيئ له خط القاعدة المطلوبة فالراصد عند خط الاستواء

يتحرك في الفضاء بمعدل ٨٠٠ ميل في الساعة وفي القاهرة بمعدل ٧٠٠ ميل في الساعة

فلو أن راصدا ما على سطح الأرض قام بقياس الزاوية التي بين السيار وأي نجم في السماء في الساعة السادسة صباحا مثلاً ثم في الساعة السادسة مساءً لتوفرت لديه العناصر الرياضية اللازمة لحساب بعد السيار وبتطبيق قانون كبلر يمكن استنباط بعد الشمس

ومن الطرق التي استخدمت لهذا الغرض رصد عبور الزهرة على قرص الشمس وقد رأينا أن مدارها إلى الداخل من مدار الأرض حول الشمس وعندما يكون ثلاثتهم في اتجاه واحد يقال أن الزهرة في الاقتران وعندما تتوسط الزهرة بين الأرض والشمس يقال أنها في الاقتران الداخلي وعندما تكون في الجانب الآخر من الشمس يقال إنها في الاقتران الخارجي. ومن البديهي أنه لو كان مستوى مدار الزهرة حول الشمس منطبقاً على مستوى مدار الأرض حولها لرأينا الزهرة تعبر قرص الشمس عند كل اقتران داخلي. ولكن لما كان المستويان غير متطابقين فإن هذه الظاهرة لا تحدث إلا مرة في كل عدد من الدورات لهذين السيارين ويتكرر حدوثها على مدى دورات من السنين قدرت بـ ٨٠٦٢٢٦ و ٨٠٦١٠٦٦ سنين وكان آخر عبور عام ١٨٨٢ وسيكون العبور التالي عام ٢٠٠٤ وبعد ذلك في عام ٢٠١٢ وبقياس الزاوية التي بين مسار الزهرة على قرص الشمس كما يشاهد من نقطة α على سطح الأرض ومسارها على قرص الشمس كما يشاهد من نقطة β (شكل ١٤) يمكن حساب بعد الزهرة بعد تعيين طول الخط $\alpha\beta$ بالدقة ومن ثم استنباط بعد الشمس.



(شكل ١٤) استنباط بعد الشمس

وهناك طرق أخرى لتعيين هذه المسافة والنتائج جميعها متقاربة وتدل على أن بعد الشمس هو نحو ٩٢ر٩ مليون ميل

والشمس كرة عظيمة من المادة في حالة غازية تشع كميات عظيمة من الحرارة والضوء في جميع الاتجاهات من الفضاء السامى ومع أننا ندين بالحياة بأنواعها المختلفة على سطح الأرض لما نستمد منه من الحرارة والضوء نجد أن ما يصيب الأرض من مجموع ما تشعه الشمس في جميع الاتجاهات ضئيل جدا ومن الممكن تقديره بحساب النسبة بين مساحة دائرة نصف قطرها ٤٠٠٠ ميل ($\frac{1}{4}$ قطر الأرض) إلى مساحة كرة نصف قطرها ٩٢ر٩ مليون ميل

وكل شيء في الشمس في حركة عنيفة وسطحها يغلي بشتى الطرق . أما جوفها فعبارة عن مركز عظيم من مراكز توليد القوه لا ينقطع عمله

والطاقة التي تتولد في داخلها تجعلها ساخنة إلى حد مريع فتنتساب نحو سطحها تيارات عظيمة من الحرارة وعندئذ تنصب في الفضاء شعاعا وهاجاء

وقدر العلماء أن ما يصل إلى كل بوصة مربعة من سطح الشمس يعادل قوة خمسين حصانا ميكانيكيا . ولما كان لا بد لمثل هذه الكمية العظيمة من الطاقة ان تنساب في الفضاء نجد أن سطح الشمس يغلي في كل مكان فتتقلب الطبقات العليا من السطح لكي تعرض أشد جنباتها حرارة نحو الفضاء ويتيسر للشعاع المحبوس ان ينساب منها بأكثر سرعة وهكذا تنشأ النافورات الضخمة القرمزية اللون ويمتد شواظها مئات الآلاف من الأميال

ويحيط بالشمس جو ناري يحتوى على نفس العناصر الغازية الموجودة في جو الأرض وقد أثبت التحليل الطيفي وجود المواد الفلزية الثقيلة فيه أيضا كالبلاتين والرصاص والفضة وكذا العناصر الكيميائية الأخرى على شكل أبخرة مما يدل على أن حرارة جو الشمس من الشدة بحيث لا يتسنى لتلك العناصر ان تبقى على شكلها المألوف لدينا وهو الصلبة.

وقد رت درجة الحرارة في جو الشمس ببضعة آلاف من الدرجات وعند مركزها بالملايين لأن جوف الشمس أشد حرارة.

وقد ذكر الاستاذ (جينز) في إحدى مؤلفاته أننا لورفعنا درجة حرارة قطعة من ذات الخمسة قروش الى درجة حرارة مركز الشمس فإن حرارتها تكفى لأن تجعل كل كائن حى على بعد آلاف الأميال منها يذبل ويضمهر .

ومن المعروف أن الضغط الجوى هو الذى يحدته وزن جو الأرض عند سطحها ويعادل ١٥ رطلا على البوصة المربعة ويقدر بوزن عامود من الزئبق ارتفاعه ٧٦ سنتيمتر أما عند مركز الشمس فقد قدر الضغط بما يعادل اربعين الف مليون ضغطا جويا . ومن هنا نستطيع ان نتصور حالة المادة

تحت تأثير هذين العاملين : الحرارة والضغط عند مركز الشمس

فجزئيات المواد المكونة من ذرات مختلفة لا يكون لها وجود في الشمس . أما الذرة التي تتكون - في ضوء الابحاث الحديثة - من جسيم عند المركز يسمى النواه ذات شحنة كهربائية موجبه تنظم حولها جسيمات أو أكثر بشحنة سالبة تعرف بالكهارب وتدور حول النواه في مدارات دائريه على نمط النظام الشمسي فقد دلت الابحاث على أنها تفقد تحت تأثير الحرارة الشديدة الكهارب الأبعد من المركز فالتى تليها وهكذا حسب درجة الحرارة ولقد دلت الارصاد الطيفية على أن ذرات الاكسجين قد فقدت في أجواء بعض النجوم اثنتين من كهاربها وفي البعض الآخر ثلاثة .

ولا غرابة بعد ذلك أن نرى ان الذرة الكاملة ليس لها وجود داخل الشمس وان نتصور المادة عند المركز مكونة من مجموعة متنوعة من النوايا (جمع نواه) والكهارب . وبالرغم من شدة الحرارة عند المركز فبناك من العناصر ما يستطيع الاحتفاظ بقبضته على أقرب كهرب أو اثنين . ومن شأن الضغط العالى في جوف الشمس أن يجعل المادة مكدمه الى درجة لا يكاد يتصورها العقل .

ولما كان الشعاع الضوئى له وزن نجد أن الاشعاع النجومى الذى ينصب في الفضاء منذ الأزل يستنفد من مادة النجوم باستمرار فتتناقص أوزانها . ولقد قدر ان الاشعاع الكلى الذى ينبعث من الشمس فى الثانية يحمل فى ثناياه نحو أربعة ملايين ط من كتلتها .

فمن المحقق ان أن توليد الطاقة فى النجوم والشمس يختلف عن توليد الطاقة باحتراق الفحم ~~مؤلا~~ وإلا كان من المحتم نفاذ مادتها وتضاؤل حرارتها منذ زمن بعيد . أما احتراق الفحم فليس سوى عملية

كيميائية لا يتضمن سوى ترتيب الذرات من جديد والطاقة التي نحصل عليها بهذه الكيفية منشؤها التفاعل الخارجى لذرات الكربون مع ذرات الأكسجين التي في الهواء والتي يتكون منها ثانى أكسيد الكربون

ولقد قدر العالم الشهير البرت أينشتاين عام ١٩٠٥ أن هناك طاقة مخزنة في ذرات المواد جميعها ، وقدر الطاقة التي توجد في كيلو جرام واحد من المادة بما يساوى ٢٥ وحدة من وحدات الطاقة مع أن احتراق مليون طن من الكربون النقي لا ينشأ عنه سوى ٩٣ من وحدات الطاقة

ومن المهم أن نلاحظ هنا أن هذه الطاقة المخزنة في ثنايا ذرات المادة ليست شيئاً يضاف إليها وإنما هي المادة ذاتها فالحصول على ٢٥ وحدة من وحدات الطاقة من كيلو جرام من المادة ليس معناه استخراج هذه الطاقة من داخل الذرات وإنما معناه تحويل المادة الى طاقة والحصول عليها يكون على حساب المادة نفسها فتفنى وتصبح أثراً بعد عين وينمحي وجودها بهذه الكيفية .

وهكذا أصبحت المادة في نظر العلماء صورة من صور الطاقة المختلفة كالطاقة الحرارية والطاقة الكهربائية وغيرهما.

فلو فرضنا جدلاً أن الشمس مكونة من أجود أنواع الوقود مختلطاً بغاز الأكسجين بنسبة تسمح بالاحتراق التام نجد أن الطاقة التي تتولد عن ذلك تعادل الحرارة التي تنبعث من الشمس أثناء ١٥٠٠ سنة فقط أو أن عمر الشمس لا يكاد يزيد عن هذا الحد وهو ما لا يمكن الأخذ به.

ومن ناحية أخرى لو فرضنا أن الشمس بدأت حياتها مخزنة كمية عظيمة

من الحرارة وكانت درجة حرارتها عالية جدا في البدايه ثم بردت تدريجيا حسب المعدل الحالى ومقداره ٥ ر ٢ درجة فى كل عام لوجدنا أنها لا يمكن ان تستمر فى ارسال حرارتها اكثر من بضعة الاف من السنين تنخفض بعدها الى مايقرب من الصفر المئوى . ولذلك نجد أن هذا الفرض ايضا لا يستقيم لان معناه أن الحرارة التى كانت تستمدّها الارض من الشمس منذ بضعة آلاف من السنين أضعاف ما هى عليه الآن .

وأذن فالطاقة التى تتولد فى الشمس أو النجوم تنشأ من تحويل بعض مادة ذراتها الى طاقه أشعاعيه وعلى هذا الاساس استنتجنا أن أقل النجوم كتلة اكبرها سنا بوجه عام وان النجوم تفقد من درجة أضائها أسرع من فقدّها لأوزانها . ولقد وجد ان مايتحول من مادة الشمس الى طاقه اشعاعيه يساوى ٢٥٠ مليون فى الدقيقه فالذرات الباقية فيها حتى الآن تسكفيها نحو ١٥ مليون مليون سنه ومع ذلك فيجب ان نذكر ان هذا المعدل لن يبقى ثابتا على مر الدهور الطويله بل يقل تدريجيا بمرور الزمن .

كلف الشمس : يشاهد على قرص الشمس بين آن وآخر بقع سوداء تعرف بكلف الشمس ، والواقع أنها ليست سوداء اللون فعلا ولكنها تبدو كذلك بالنسبة لباقي السطح الشريد الوهج . ولقد لوحظ كلف الشمس من قبل اختراع المنظار . والارصاد المتتابعة التى أخذت عليه تدل على أنه يتحرك على سطحها من الشرق الى الغرب . وأن المسدة التى تمضى بين بدأ ظهوره عند حافة الشمس الشرقيه واختفائه عند الحافة الغربيه تتراوح بين ١٣ ١٥ ٦ يوم مما يدل على أن للشمس حركة

رحوبة حول نفسها وأن مدة الدورة تقدر بين ٢٦ و ٢٨ يوم

ولقد استبان من هذه الارصاد أيضا أن كلف الشمس يظمر على سطحها فيما بين خطى عرض ٥ و ٣٥ شمالا أو جنوبا وأنها تنبع في الزيادة والنقصان دورة زمانية تبلغ حوالى إحدى عشر سنة فيندر وجودها في بعض الأحيان أو ينعدم ثم يبدأ ظهورها ويزداد عددها تدريجيا حتى يبلغ أقصاه بعد أربع سنين ونصف ثم يتناقص بعد ذلك حتى يندر أو ينعدم وجودها بعد أربع سنين ونصف أخرى .

وعند ابتداء الدورة يرى الكلف عند خط عرض ٣٥° شمالا أو جنوبا وكما ازداد عددها اقتربت من خط عرض ٥° شمالا أو جنوبا .

ولقد لاحظ لامونت بمرصده ميونخ أن هذه الدورة الزمانية تطابق الدورة الزمانية لتغير العناصر المغناطيسية الأرضية . واكتشف في بعض الكلف مغناطيسية قوية .

والرأى السائد عن طبيعة كلف الشمس أنها فجوات عظيمة على سطح الشمس تنشأ من الحركة الدائمة في مادتها ولم يتأيد هذا الزعم بعد .

الأرض

الأرض كرة عظيمة يبلغ طول قطرها ٧٩٢٠ ومحيطها ٢٤٨٨٠ . لا أنها ليست كاملة الاستدارة بل ينقص قطرها الواصل بين قطبيها عن قطرها الاستوائى بمقدار ٢٨ ميلا وتدور حول نفسها مرة في اليوم وفي نفس

الوقت تسبح في الفضاء حول الشمس بسرعة كبيرة تقدر بثمانية عشر ميلا ونصف في الثانية الواحدة فتتم دورة كاملة في زمن مقداره سنة ومئتين وثمانون يوما ونصف قطر مدارها حول الشمس نحو ٩٣ مليون ميل .

ومع اننا لانشعر شعورا مباشرا بحركتها هاتين الا أننا نستطيع دائما تحقيقهما وقياسهما بما ينشأ عنهما من حركات ظاهريه لأجسام نائية كالشمس والنجوم التي تبدو متحركة في الاتجاه المضاد وبسرعة تساوى سرعة الأرض كما تبدو الاشجار واعمدة التلغراف والقرى لراكب في قطار متحركة بنفس سرعة القطار وفي الاتجاه المضاد لاتجاه حركته . ومن ثم ينشأ عن حركة الأرض حول نفسها ظاهرة الليل والنهار دائبين و شروق الشمس والقمر والنجوم دائما من جهة المشرق وارتفاعها في السماء حتى تبلغ أوج ارتفاعاتها عندما تعبر خط الزوال ثم انحدارها بعد ذلك الى أن تغيب تحت الافق ناحية المغرب . وينشأ عن حركة الأرض الثانية حول الشمس ظاهرة الفصول الفلكية وسنتكلم عنها بالتفصيل فيما بعد .

وبستطيع راسد السماء أن يتبين الحركة اليومية للأجرام السماوية بوضوح تام ولو انه ثبت آله فتوغرافية في اتجاه النجم القطبي تماما وعرض لوحا فتوغرافيا لضوء النجوم القريبه منه مدة من الزمن لوجد أن كل نجم منها يرسم على اللوح الفتوغرافي مسارادائريا يقصر أو يطول حسب قربيه أو بعده من القطبيه التي تمثل المركز لهذه الأقواس .

ولكن من أين لنا أن هذه الحركة اليومية للنجوم وكأنها مثبتة على بسيط الكره السماوية ليست حركة حقيقية؟ وأن الأرض ثابتة وأنها مركز السكون؟

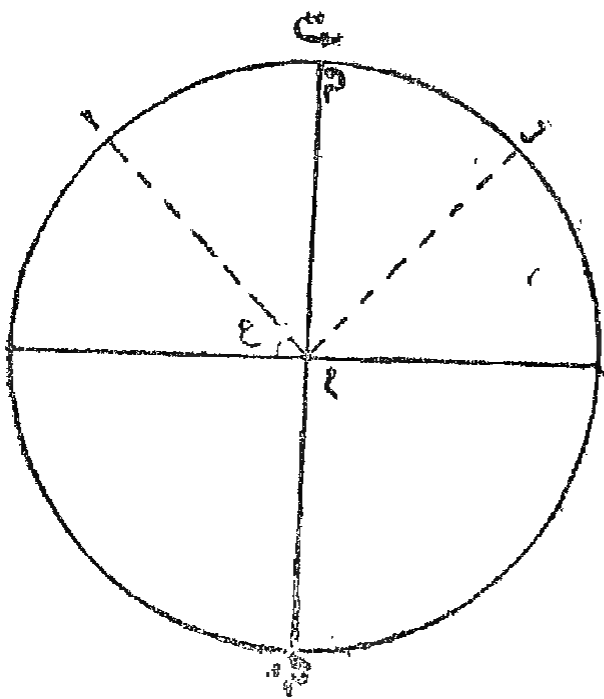
هذه ما ذهب اليه الأقدمون عندما أعوزهم الدلائل العلمية على دوران الأرض . ولو أننا اخذنا بنظرية ثبوت الأرض ودوران السكره السماوية وما عليها من الأجرام فوق رؤسنا لتعين علينا افتراض تحرك النجوم جميعها حركة واحدة كما لو كانت جسما متماسكا وهو أمر بعيد الاحتمال . أما افتراض دوران الأرض وحدها بما ينشأ عنه هذه الحركة الواحدة لهذا العدد الكبير من الأجرام السماوية المتفرقة في الفضاء السماوى فهو الأرجح احتمالا

ولم يكن ثمة دليل علمى قاطع بصحة أحد الاحتمالين دون الآخر حتى منتصف القرن التاسع عشر حيث قام العالم الفرنسى (فوكو) بتجربته المشهورة التى اثبت بها دوران الأرض حول نفسها مرة فى اليوم مما ينشأ عنه الحركة اليومية للأجرام السماوية المعروفة .

تجربة فوكو : علق فوكو بندولا عظيما فى سقف مقبرة العظاماء (بنتيون) بباريس ويتكون هذا البندول من كرة ثقيله من النحاس فى آخرها سن مدببة مدلاة فى نهاية سلك معدنى طويل لىكون الذبذبة بطيئة ولتقليل تأثير قوى الاحتكاك بالهواء فى اضعاف الذبذبة . ثم وضع طبقه رقيقه من الرمل تحت البندول . ثم جعل البندول يتذبذب فرسم السن فى بادى الأمر خطا صغيرا على الرمل مبينا اتجاه مستوى ذبذبة البندول . وبعد فترة من الزمن لاحظ (فوكو) ان هذا الاتجاه - كما يدل عليه أثر السن المدبب على الرمل - يتغير باستمرار وفى اتجاه معين هو اتجاه عقرب الساعة . ولما لم يكن هناك قوى أخرى قد ينشأ عنها هذا التغير فى اتجاه ذبذبة البندول استنتج أن هذا التغير فى اتجاه ذبذبة البندول ناشئ عن دوران الأرض ومن فوقها الرمل فى الفضاء من الغرب الى الشرق .

وقد وجد (فوكو) ان مستوى الذبذبة يتغير بمعدل ٣٦٠° في ٣٣ ساعة في مدينة باريس . ولو أن هذه التجربة أجريت عند القطب الشمالى فإن اتجاه الذبذبة يتغير بمعدل ٣٦٠° في ٢٤ ساعة ولو أنها أجريت عند أى مكان على خط الاستواء و جعلنا البندول يتذبذب فى مستوى خط الزوال فإن اتجاهه يظل ثابتا لا يتغير وذلك لأن مستوى الذبذبة فى هذه الحالة يكون موازيا لاتجاه محور الأرض الثابت الاتجاه

ومن الواضح ان معدل تغير اتجاه مستوى ذبذبة البندول يختلف باختلاف خط عرض المكان الذى يختار لأجراء هذه التجربة . ذلك لأننا لو فرضنا ان هذا المكان هو نقطة ١ من سطح الأرض (شكل ١٥) وان خط عرضه = ع وان سرعة دوران الأرض حول محورها = س = س_ع فإنه بتحليل هذه السرعة = حسب قوانين الحركة — حول الاتجاهين



(شكل ١٥)

ط = النسبة التقريبية

المتعامدين ١ ص ٦ ب ص نجد أن
السرعة حول الاتجاه الأول ١ ص =
س جتا ١ ص = س حاع .

وهذه المركبة هى وحدها التى تؤثر
فى اتجاه ذبذبة البندول . أما المركبة
الآخري فتأثيرها عليه فى نقطة ١ من
سطح الأرض يكون كما لو كانت ١
على خط الاستواء

ويقدر الزمن ز الذى يلزم

لتغير اتجاه ذبذبة البندول ٣٦٠°

$$\text{بمقدار} \quad \text{ز} = \frac{\text{ط}}{\text{س حاع}}$$

وبما أن $\frac{٢}{س} = ٢٤$ ساعة نجد أن الزمن الذى يلزم لتغيير اتجاه

ذبذبة البندول دورة كاملة $= \frac{٢٤}{جاع}$ ساعة

وبالتعويض فى هذه المعادلة بقيمة ج نحصل على الزمن الذى يستغرقه تغيير اتجاه ذبذبة البندول فى أى مكان على سطح الأرض بمقدار ٣٦٠° ويقدر هذا الزمن لمدينة القاهرة بنحو ٤٨ ساعة.

ومن البديهي أنه لا يمكن ترك البندول يتذبذب طيلة هذه المدة نظراً لأن قوى الاحتكاك تعمل باستمرار على أضعاف الذبذبة ولذا فإنه يكفى لتحقيق هذا التغيير تركه يتذبذب مدة أقصر ثم استنباط مدة الدوران أثناء الدورة الكاملة من التغيير الذى يبينه أثناء هذه الفترة.

ومن البراهين الأخرى على دوران الأرض حول نفسها أننا لو تركنا جسماً يسقط إلى الأرض من أعلى برج مرتفع فإن النقطة التى يلامس فيها سطح الأرض تكون منحرفة قليلاً إلى ناحية الشرق عن النقطة التى تقع رأسياً تحت النقطة التى أسقط منها فى أعلى البرج، مما يدل على أن سرعة النقطة الأخيرة فى الفضاء - وهى سرعة الجسم نفسه عند تركه يسقط - أكبر من سرعة النقطة التى تقع رأسياً تحتها . ونلاحظ فضلاً عن ذلك أن مقدار الانحراف - وهو الناشئ عن اختلاف سرعتين - يزيد بازدياد ارتفاع البرج . فلو أن الأرض غير متحركة لكأنت النقطة التى يلامس الجسم فيها سطح الأرض هى النقطة التى تقع رأسياً تحت النقطة التى أسقط منها فى أعلى البرج

من هذا يتضح أن الأرض هى التى تدور حول محورها من الغرب إلى

الشرق وان الحركة اليومية للشمس والقمر والنجوم ماهى الا نتيجة
لحركة الأرض هذه وهى التى تنشأ عنها أيضا ظاهرة اختلاف الليل والنهار
دائمين .

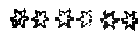
الهواء ويحيط بالأرض غلاف رقيق من الهواء . يبلغ سمكه حوالى ١٣٠ ميلا
وتقل كثافته تدريجيا مع الارتفاع . فالهواء القريب من سطح الأرض
يتكون من غاز الأزوت بنسبة ٧٨٪ ، والأكسجين بنسبة ٢١٪ ، وغازات
الارجون وثانى أكسيد الكربون والايديروجين والهليوم وغيرها
بنسبة ١٪ . وتبقى هذه النسب ثابتة بفعل التيارات الرئيسية
وما تستهلكه الحياة الحيوانية من الأكسجين يعوضه ما تفرزه النباتات
التي تمتص ثانى أكسيد الكربون وتفرز الأكسجين فى عملية التمثيل
الضوئى . أما فى الطبقات العليا فيتكون الهواء من الغازات الأخف
وزنا كالايديروجين والهليوم .

ويوجد على ارتفاع ٢٠ ميلا طبقة من غاز الأوزون تمتص الأشعة
ذات الموجة القصيرة فى المنطقة التى فوق البنفسجى من أشعة الشمس .
ولو كانت كثافة الهواء فى جميع الطبقات تساوى كثافته عند سطح
الأرض ، لبلغ سمك الغلاف الهوائى كاه خمسة أميال فقط .

وتقل درجة الحرارة كلما ارتفعنا عن مستوى سطح البحر ، لأن
الأرض تشع الحرارة التى تمتصها من الشمس ، فيسخن الهواء الملاصق
لسطح الأرض ، ويتمدد فيخف وزنه ويندفع فى الطبقات العليا
وتهبط درجة حرارته . وثلاثة أرباع الوزن الكلى للهواء تقع فى الطبقة
القريبة من سطح الأرض والتى لا يتجاوز سمكها سبعة أميال ، وتكون

السحب عادة على ارتفاعات أقصاها ستة أميال

ويحتوى الهواء عدا العناصر سالفة الذكر على بخار الماء الذى يختلف كميته باختلاف درجة الحرارة ، وهو عامل مهم من عوامل تغير الطقس .
وما يلاحظ أن كثافة بخار الماء أقل من كثافة الهواء الذى يبلغ وزن المتر المكعب منه ١.٢٨ كيلو جرام عند درجة حرارة الصفر المئوى وضغط يعادل وزن ٧٥٠ ملليمتر من الزئبق . ويلعب بخار الماء دورا مهما فى حفظ التوازن بين ما تمتصه الأرض من حرارة أشعة الشمس وما تفقده بالتشعع من سطحها نحو الفضاء ، فيساهم فى هذه العملية ، ويرد أشعة الشمس نحو الفضاء عند ما يشتد القيظ نهارا كما يرد إلى الأرض ما تشعه من الحرارة عند الليل ، ولهذا نجد أن وجود السحب نهارا يخفف من حدة الحرارة فى الصيف ، ووجودها ليلا أثناء الشتاء يخفف من حدة البرد .
والهواء لالون له ، وهو مرشح عظيم لمركبات الضوء التى تقع على أعيننا وإلى هذه الخاصية تعزى ظاهرة الشفق بدرجاته المختلفة وفنتته خصوصا فى مصر . ولو أننا صعدنا فى السماء إلى ما فوق الغلاف الهوائى لرأينا الشمس ككرة ساطعة الضوء فيه زرقة ، تشرق وتغيب فى سماء حالكة الظلام .



أما باطن الأرض . فليست لدينا الأدلة المباشرة على ماهيته .
والمناجم التى حفرت لاتعدو أن تكون خدوشا صغيرة فى القشرة الأرضية . وقد ثبت لدينا أن درجة الحرارة تزيد إلى الداخل بمعدل درجة مئوية واحدة لكل مائة متر تقريبا . ولا شك أن باطن الأرض

ساخن كما تدل عليه البراكين والينابيع الساخنة .

وتسجيل الزلازل والهزات الأرضية التي تقع بين آن وآخر في كثير من مرصد العالم ، يكفل لنا الوسيلة للتوسع في دراسة باطن الأرض ومعرفة ماهيته . وقد دلت الدراسات الطويلة للتسجيلات العديدة للزلازل على أن باطن الأرض يتكون من كرة مائبة مركزية يبلغ طول قطرها أربعة آلاف ميل تقريبا ، وكثافتها تعادل كثافة الحديد ، وأغلب الظن أنها تتكون من المعادن الثقيلة كالحديد والنيكل . ويعلو هذه الكرة طبقة من الصخور الثقيلة ، تبلغ كثافتها أربعة أمثال كثافة الماء ويعلو هذه الأخيرة طبقة من الصخور الأقل كثافة أهمها الجرانيت .

وفيما يلي نجمال أهم الحقائق العلمية المعروفة عن أرضنا :

الأول - الأرض كوكب سيار

الثاني - الأرض كرة طول قطرها ٧٩٢٠ ميلا ومحيطها ٢٤٨٨٠ ميلا (وقد كانت هذه الحقيقة معروفة لقدماء المصريين واليونانيين)

الثالث - تدور الأرض حول نفسها مرة في كل ٢٤ ساعة من الغرب إلى الشرق .

الرابع - الأرض ليست كاملة التكور بل ينقص قطرها الواصل بين قطبيها عن قطرها الاستوائي بنحو ٢٧ ميل .

الخامس - تبلغ كثافة الأرض ٥.٥ ووزنها ٦ × ١٠^{٢١} طن .

السادس - تدرر الأرض حول الشمس بسرعة تبلغ ١٨ ١/٣ ميلا في الثانية وتتم مدارا كاملا في سنة .

السابع --- يحيط بالأرض غلاف رقيق من الهواء يقدر سمكه بنحو ١٢٠ ميلا وتقل كثافته تدريجيا كلما ارتفعنا عن سطح الأرض ويحتوى على الازوت بنسبة ٧٨ ٪ والاكسجين بنسبة ٢١ ٪ والباقي من غازات أخف .

الثامن --- يحتوى الهواء عدا العناصر السالفة الذكر على بخار الماء الذى تختلف كميته باختلاف درجة الحرارة . وهو من أهم عوامل تغير الطقس وحفظ التوازن بين ما تمتصه الأرض من حرارة الشمس وما تفقده بالتشعع من سطحها نحو الفضاء .

التاسع --- الهواء مرشح عظيم لمركبات الضوء التى تقع على أعيننا وإلى هذه الخاصية تعزى ظاهرة الشفق وزرقة السماء واصفرار الشمس والقمر عند المروق والغروب .

العاشر --- ليست لدينا الأدلة المباشرة على ماهية باطن الأرض ولكن من المحقق أن حرارة باطن الأرض شديدة وتزيد بمعدل درجة مئوية لكل مائة متر .

القمر

دلت الأبحاث الكثيرة على أن القمر عالم ميت لا حياة فيه . فسطحه مكون من صحارى واسعة ليس فيها ما يدل على وجود الحياة من أى نوع . وقد انتشرت على الجزء الأكبر منه مرتفعات دائرية تبدو كأنها حافات فوهات براكين خامدة ، وهو ما يرجح أن تكونه بالفعل ، وعليه سلسل جبال عظيمة لم تنل منها عوامل التعرية (كالرياح والأمطار والثلوج) ما نالته من قمم جبال أرضنا على كر السنين الطويلة .

وأشعة الشمس الساقطة عليه تجعل لهذه الجبال ظلالا مسننة تقيء على هاتحتها من صحارى ، وقد سميت هذه الجبال والصحارى بأسماء مختلفة الكثير منها لأعلام الفلاسكين اعترافا بفضلهم وتخليداً لذكراهم .

والقمر أقرب جيراننا فى الفضاء . تربطه بالأرض قوة الجاذبية كما تربطنا بها وأن اختلافات فى مظهرها ، وهو يبدو لنا أكبر الأجرام السماوية بعد الشمس ولكنه فى الحقيقة من أصغرها ، ولكنه بسبب قربه منا يبدو لنا كبيراً ، وقطره لا يتجاوز ٢١٦٠ ميلاً أى ما يعادل ربع قطر الأرض . ويبعد عن الأرض بنحو ٢٣٩.٠٠٠ ميلاً . ويرسم مساراً دائرياً حول الأرض فى $\frac{1}{27}$ يوم . ونظراً لصغر كتلته ، بالقياس إلى كتلة الأرض ، فقوة الجاذبية على سطحه تعادل سدس مقدار الجاذبية على سطح الأرض . وهذا يفسر لنا السبب فى أن القمر ليس له جو كجو الأرض . فالهواء الذى يحيط بنا يحتوى على ملايين الملايين من الجزيئات التى تجول بانطلاقات كبيرة تقدر بمئات الأمتر فى الثانية ، ولكن قبضة جاذبية الأرض القوية تحول دائماً دون أن تغفل هذه الجزيئات وتشتت هباء فى الفضاء

ويقدر الرياضيون أن أى جسم يستطيع أن يتخلص من قبضة الجاذبية على سطح الأرض إذا انطلق بسرعة لا تقل عن سبعة أميال فى الثانية، وعلى سطح القمر إذا بلغت السرعة ميل ونصف فى الثانية، وهكذا نرى أن الجاذبية على سطح القمر اضعف من أن تجعل القمر يحتفظ بجزيئات جوده لو كان له جو - لأن سرعتها تزيد عن ذلك .

ولما كان القمر يواجه الأرض دائماً بوجه واحد، ويدور حولها مرة كل شهر، استنتجنا أنه يدور حول نفسه فى الفضاء مرة فى كل شهر. ونتيجة لذلك تظل أية نقطة من سطحه تناظلي بضوء الشمس اسبوعين كاملين فتسخن إلى حد كبير حتى تصل درجة حرارتها إلى ما يقرب من ٤٩ درجة مئوية . فلو كان للقمر جو كجونا، لبلغت انطلاقات جزيئاته فى تلك الحرارة العالية مقداراً هائلاً يتجاوز فى كثير من الأحيان سرعة الانفلات ومقدارها ميل ونصف فى الثانية .

وقد اختبر المسويليوت أخيراً نور القمر الذى هو كما نعلم ضوء الشمس منعكساً عليه بمقدار أنه بضوء الشمس منعكساً على أنواع مختلفة من التربة والطاين والطباشير والحجارة فوجد أنه يكاد يشبه ضوء الشمس المنعكس على الرماد البركاني مما يجعل من المرجح أن يكون سطح القمر مكوّناً منه .

ويعزز هذا الاحتمال شكل السطح الذى يشبه مجموعة كبيرة من البراكين الخاملة كالتى نراها على سطح الأرض. وفضلاً عن ذلك فإن من المعروف أن للرماد البركاني خاصة غريبة وهى أنه موصل رديء للحرارة كالحرير الصخرى

فلو أن سطحه مكون من الرماد البركاني فإن الحرارة التي تصبها الشمس عليه لا تتوغل في داخله ولا يتعرض داخل القمر لنفس التغيرات العنيفة في درجة الحرارة التي يتعرض لها سطحه .

ولقد سجل اثنان من فلكيي مرصد مونتولسون ، أخيرا التغيرات في درجة حرارة سطح القمر في أثناء الخسوف فوجدوا أنه عند دخوله في ظل الأرض - حيث يتسبب عنه ضوء الشمس مهبطت درجة حرارته فجأة من 90° فوق الصفر المئوي إلى 103° درجة تحت الصفر المئوي في دقائق قليلة .

ويجب ألا ننسى أن مثل هذه الظاهرة نشعر بها عند كسوف الشمس، إذ يبرد الطقس قليلا عندما يقطع القمر عنا أشعة الشمس، غير أن الحرارة المخزونة في تربتنا وجونا تحول دون تغير درجة الحرارة بمقدار كبير وبسرعة هائلة، مما يدل على أن سطح القمر ليس فيه مدخر من الحرارة كالذي في تربة الأرض . وهذا يعزز مرة أخرى الاحتمال بأن سطح القمر مكون من الرماد البركاني .

حركة القمر الظاهرية

إن قليلا من الملاحظة تمكنني الاستدلال على حركة القمر في السماء ففي أثناء ليلة قمرية نستطيع أن نلاحظ تحركه بالنسبة للنجوم إلى ناحية الشرق وهذه الحركة التقهقرية تدل عليها من جهة أخرى تأخر شروق وغروبها على الأفق ليلة بعد أخرى . وحركة القمر هذه أكبر بكثير من حركة الشمس التي تكلمنا عنها. إذ بينما تقطع الشمس درجة واحدة تقريبا من مسارها في اليوم يقطع القمر من مسارها نحو 13° درجة .

وعندما يكون القمر والشمس في جهة واحدة بالنسبة للأرض أو بعبارة فلكية عندما يكون طولهما واحدا يكون القمر في المحاق وعندما يكون الفرق بين طوليهما 180° يكون القمر بدرا كاملا ويقال أن القمر في الاستقبال. وفي هاتين الحالتين تكون الشمس والأرض والقمر على خط واحد. وفي منتصف المسافة بين هذين الوضعين أى عندما يكون الفرق بين طوليهما 90° يقال أن القمر في الربع الأول. وعندما يكون الفرق بين طوليهما 270° يقال أن القمر في الربع الأخير. ومتوسط مدة دورة القمر بالنسبة لأحد النجوم الثابتة تساوي ٢٧ يوما و ٧ ساعات و ٤٣ دقيقة و ١١,٦ ثانية أو ما يعادل ٢٧ر٣٢١٦٦ يوما وتسمى بالدورة النجمية وتختلف من دورة إلى أخرى اختلافا يسيرا.

أما دورة القمر بالنسبة إلى الشمس فذات أهمية عظمى بالنسبة إلينا وطولها يساوي الشهر القمري. ويمكن تعريفها بأنها الفترة الزمنية التي بين بدرين متتاليين.

والشهر القمري أطول من الدورة النجمية للقمر بسبب تحرك الشمس نفسها وسط النجوم ناحية الشرق. ومتوسط طوله ٢٩ يوما و ١٢ ساعة و ٤٤ دقيقة و ٢,٨٧ ثانية أو ما يعادل ٢٩,٥٣٠٥٩ يوما. وتختلف طولها على مرور الشهور بسبب قوى الجاذبية التي تقع على القمر من السيارات وتأثر مدارها.

وبما أن حركة القمر اليومية بالنسبة للشمس تعادل الفرق بين حركته اليومية بالنسبة لأحد النجوم الثابتة وحركة الشمس بالنسبة للنجم، وبما أن الحركة اليومية تناسب تناسباً عكسياً مع مدة الدورة التامة نستنتج العلاقة الآتية :

على جسمه، فإن نصف الكرة من القمر التي مقطوعها حـ ب تضئها أشعة الشمس، بينما يظل النصف الآخر ا ب و معتما

وبواجهة الأرض من سطح القمر نصف الكرة حـ ب و باعتبار أن حـ و عموديا على صـ ص'. ولذا يظهر لنا منه الجزء حـ بـ و محتثيا والباقي ب و معتما.

والآن لو فرضنا الدائرة (شكل ١٦ ب) هـ ز و ح تمثل نصف الكرة من القمر المواجهة للأرض بـ ص مركزها فإن هـ ب و يمثل الحد الفاصل بين الجزء المضيء من هذا السطح والجزء المعتم، مستقطه على المستوى هـ ز و ح العمودي على الخط البصري عبارة عن نصف القطاع الأهيليحي هـ ب و

وعليه فالجزء المضيء من سطح القمر في هذا الوضع هو مجموع مساحتي نصف الدائرة هـ ح و ونصف القطاع الأهيليحي. وكلما اقتربت ب من و يزيد مساحة الجزء المضيء من القمر. ويكون بدرا عندما تنطبق ز على ب ومعتما عندما تنطبق ح على ب. وبعبارة أخرى يزيد مساحة الجزء المضيء من القمر كلما صغرت الزاوية سـ هـ ص

وهكذا نرى أن مساحة هذا الجزء المضيء تتوقف على مقدار الزاوية التي بين الشمس والقمر عند الأرض

ويولد القمر في اللحظة التي يكون فيها الفرق بين خطي طول الشمس والقمر صفرا أي عندما يكونان في ناحية واحدة من الأرض. وبحسب عمره بالأيام ابتداء من هذه اللحظة

ومن السهل أن نرى أنه لو كان بالقمر أناس مثلنا لرأوا أرضنا تتشكل بأشكال كالوجه القمر، وليكنها عكسية، أي أنه عندما يكون القمر بدرا بالنسبة لسكان الأرض تكون الأرض محاقا بالنسبة لسكان القمر وهكذا.

مدار القمر

إن حركة القمر بالنسبة للأرض أكثر تعقيدا من حركة الشمس. ويمكننا أن نستنتج من اختلاف قطر القمر في أوقات مختلفة أن بعده عنا غير ثابت تماما وأن مداره حول الأرض ليس دائرة تامة بل قطاعا ناقصا (بيضى الشكل) كمدار الأرض حول الشمس.

ولقد وجد أن الاختلاف المركزى في مداره أكبر منه في مدار الأرض بكثير إذ يبلغ $\frac{1}{4}$ تقريبا. وهذا يفسر لنا لأول وهلة حركته غير المنتظمة ويميل مستوى مدار القمر على مستوى الدائرة الكسوفية بمقدار $3^\circ 8'$ وقد عرف من قديم الزمن أن مستوى مدار القمر غير ثابت في الفضاء، وأن نقطتى تقاطعه مع الدائرة الكسوفية (وتسميان بالعقدتين) تتحركان في هذه الدائرة وتتمان دورة كاملة بالنسبة للنجوم الثابتة في $\frac{1}{2}$ سنة. ووجد أيضا أن ميله على الدائرة الكسوفية غير ثابت.

الباب الرابع ظواهر فلكية

حركة الشمس الظاهرية - تقهقر الاعتدالين - اختلاف طول الليل والنهار
الفصول الفلكية . كسوف الشمس وخسوف القمر . المد والجزر . الشفق

...

نتكلم هنا عن بعض الظواهر الفلكية التي تنشأ عن حركة النيرين
الشمس والقمر بالنسبة للأرض لأهميتها الخاصة في حياتنا .

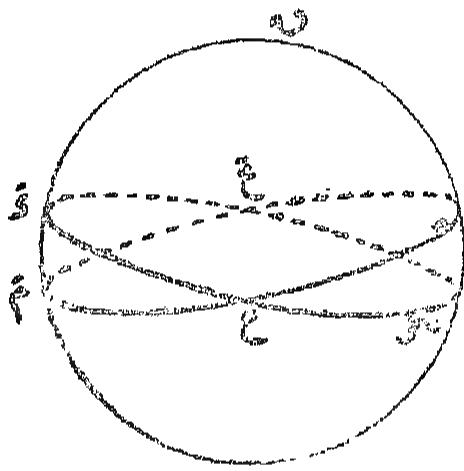
حركة الشمس الظاهرية

عرفنا في الباب الأول الدائرة الكسوفية بأنها المسار الظاهري للشمس
وسط النجوم أثناء السنة . وقلنا أن هذا المسار عبارة عن دائرة عظمى
تميل على دائرة المعدل بزاوية معلومة مقدارها $23\frac{1}{2}^{\circ}$ تسمى الميل الأعظم .
وان هذه الدائرة تتقاطع مع دائرة المعدل في نقطتين هما نقطتا الاعتدال
الربيعي والاعتدال الخريفي . أما النقطة التي تبلغ الشمس فيها أقصى
ميلها في نصف الكرة الشمالي فتسمى الانقلاب الصيفي والتي تبلغ الشمس فيها
أدنى ميلها في نصف الكرة الجنوبي فتسمى الانقلاب الشتوي . وتكون
الشمس في النقطة الأولى في ٢١ مارس وفي الثانية في ٢٣ سبتمبر وفي الثالثة
في ٢١ يونية وفي الرابعة في ٢٢ ديسمبر من كل عام .

ولقد قسم الفلاسكيون منذ أقدم العصور النجوم التي ترى حول الدائرة

الكسوفية الى اثنتى عشر مجموعة أسموها البروج وهى الحمل والثور والجوزاء
والسرطان والأسد والسنبلة والميزان والعقرب والقوس والجدي
والدلو والحوت. فيقال أن الشمس فى هذا اليوم فى الميزان وستدخل فى يوم
كذا برج العقرب . ولكن يجب أن لا ننسى أن حركة الشمس هذه وسط
البروج ليست سوى حركة ظاهرية نشأت عن دوران الأرض نفسها حول
الشمس كما أخواتها السيارات الأخرى . وعلى ذلك فإنه عندما يقال أن
الشمس فى الحمل مثلا تكون الأرض فى برج الميزان وهكذا

ونظر الدوران الأرض حول نفسها
من الغرب الى الشرق تبدو الشمس ترسم
فى كل يوم دائرة عمودية على محور العالم،
ولما كان ميلها على دائرة المعدل وبالتالي
ارتفاعها فوق الافق دائب التغير نجد
أن المنحنى الذى ترسمه على سطح الكرة
السموية فى يوم واحد ليس دائرة صحيحة



(شكل ١٧)

بل منحن غير مغلق كطية من طيات منحن حلزوني وهكذا فى كل يوم .

تقهقر الاعتدالين

تدلنا خرائط النجوم العتيقة الموروثة سواء عن المصريين أو الصينيين
أو السكندانيين أن منظر السماء وما عليها من مجموعات عديدة من النجوم هو بعينه
الذى نراه اليوم . ولو أن أجدادنا هؤلاء يحدثوننا فى ما وصل اليه من
وثائقهم التاريخية على أن هذه المجموعات كلها لم تسكن تدور منذ خمسة آلاف
سنة حول هذا النجم الذى فى طرف كوكبه الدب الأصغر وإنما حول نجم
آخر من كوكبه الثنين .

ولقد كان هباركس أول من اكتشف هذه الظاهرة الغريبة ثم فسرها
الاستاذ العلامة نيون بعد ذلك بقرون عديدة على أساس نظرية
الجاذبية .

وجد هباركس أن القطب السماوي غير ثابت في الفضاء ، بل يدور في
حركة تفهقرية حول قطب الدائرة الكسوفية فيتم دائرة نصف قطرها
٢٣° في نحو ٢٥٨٠٠ سنة ، بمعدل ٢.٥ في السنة الواحدة . وينشأ عن
ذلك تحرك نقطتي الاعتدالين غربا فتتغير تبعاً لذلك أحداثيات
النجوم الثابتة .

أما تفسير نيوتن لهذه الظاهرة فهو أن الأرض ليست كاملة النكورو لذلك
كان تأثير جاذبية الشمس والقمر عليها بحيث يجعل محورها يتمايل في الفضاء
السماوي ، ويدور قطب العالم ببطء وتؤده حول قطب الدائرة الكسوفية ، فكأن
الأرض أشبه شيء بهالة دوار عظيمة معلقة في الفضاء تدور تحت تأثير عامل ما يغير
اتجاه محور دورانها على الدوام .

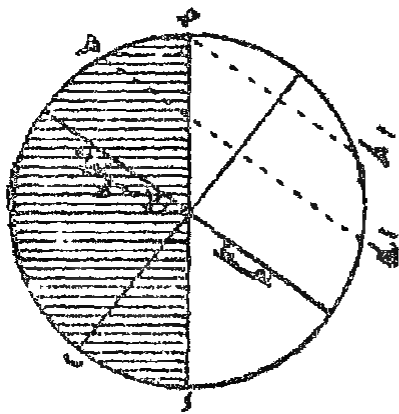
وليس أدل على هذه الظاهرة من التغيير المحسوس في أحداثيات النجوم
مطالعها المستقيمة وميولها منذ عهد هباركس وتفهقر نقطة الاعتدالين منذ
ذلك الحين من برج الحمل الى برج الحوت .

ولا يتسع المقام هنا للافاضة في هذا الموضوع ولما ذكر يكفي
لتوضيح كيف أن النجم القطبي الذي تدور حوله النجوم لم يكن هو نفس النجم
الذي كانت تدور حوله منذ آلاف السنين ، وأنه لن يظل في موقعه هذا من
الفضاء عند القطب السماوي على مر الدهور الطويلة بل سيبتعد عنه
تدريجياً إلى أن يكون ثمة نجم آخر يقع عند القطب ولو أن ترتيب النجوم
بالنسبة لبعضها البعض سيظل على حاله .

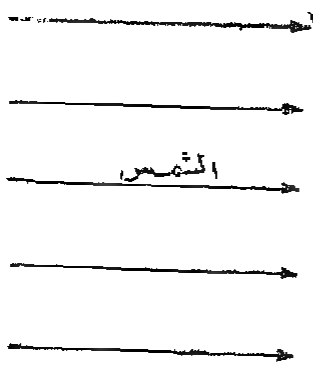
اختلاف طول الليل والنهار

عند كلامنا على الحركة اليومية للأجرام السماوية . قلنا إن هذه الحركة ظاهريّة فتنسب منشؤها دوران الأرض نفسها حول محورها . وقلنا أيضا إنه بسبب هذه الحركة تنشأ ظاهرة الليل والنهار .

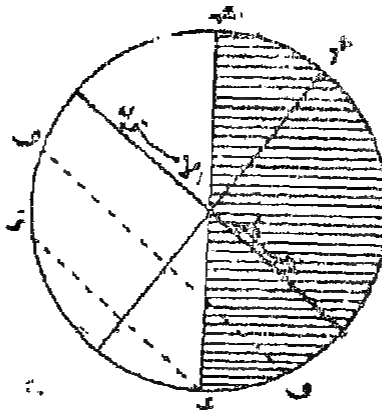
ومن المعروف أن أطوال الليل والنهار تختلف في اليوم الواحد باختلاف مكان الراصد من سطح الأرض كما تختلف في المكان الواحد من يوم إلى يوم . ومنشأ هذه الظاهرة ميل محور الأرض بالنسبة لمستوى مدارها حول الشمس المسجى بالدائرة الكسوفية . فلو كان هذا المحور عموديا على الدائرة الكسوفية =



كما يحدث عند الاعتدين
لوجدنا أن أشعة الشمس
تقع عمودية على جميع
النقط من محيط خط
الاستواء ولا تكون
عمودية في غيرها في أى
يوم من أيام السنة . ونتيجة



(أ)



(ب)

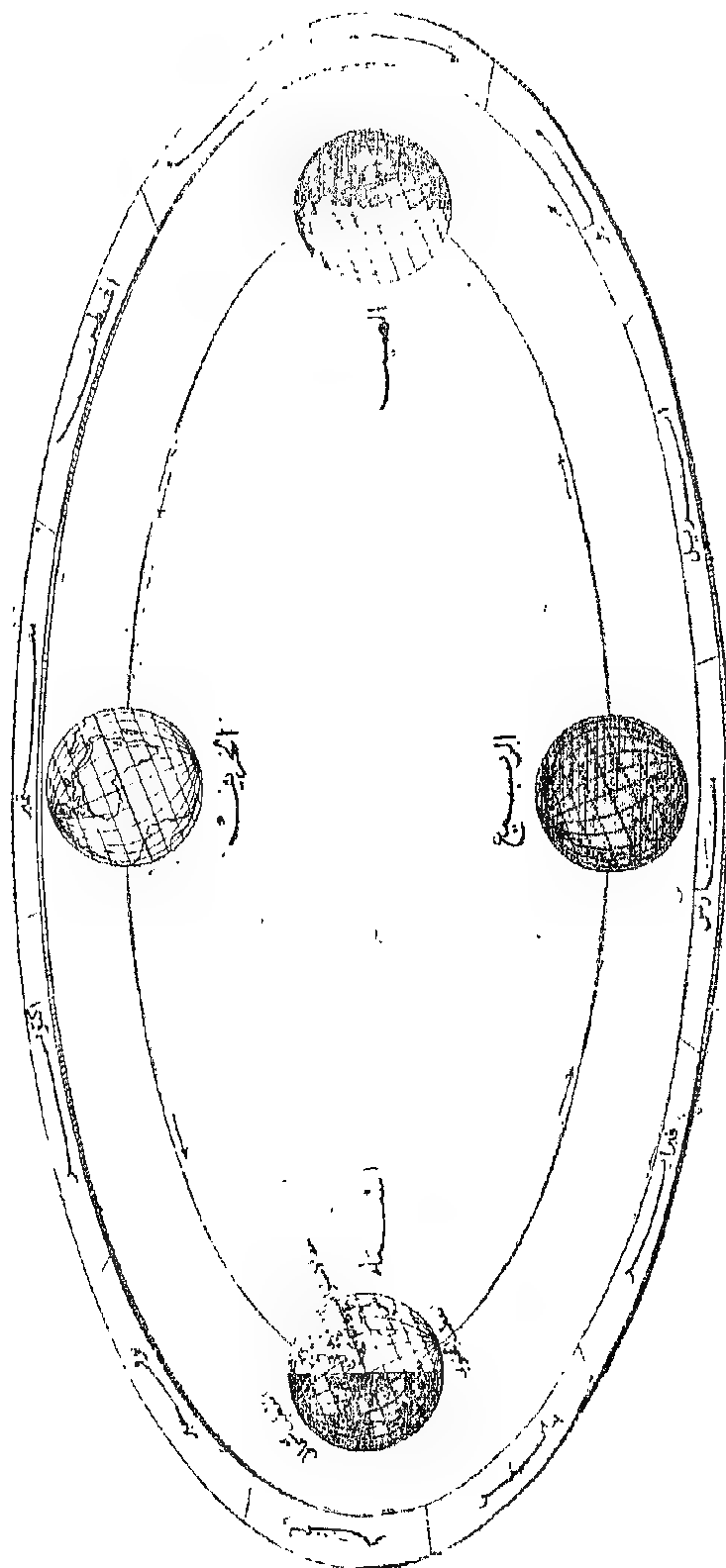
(شكل ١٨)

لذلك يتساوى الليل
والنهار طولاً في جميع أنحاء
الكرة الأرضية ويبلغ
اثنتي عشرة ساعة لكل
منهما . وكذلك تتساوى
كمية الحرارة التي تستمد

وكذلك يستمر الليل دون انقطاع في هذه البقاع مدداً متساوية كالمبين آنفاً، إلا أن الشفق الطويل المدى والقمر الذي لا يكاد يغيب عن آفاقها فيما بين الربع الأول والاخير اثناء شهرى ديسمبر وينابر كلاهما يخفف من حدة الظلام في هذه المناطق في تلك الاوقات .

ومن المهل بعد ذلك أن تتبين من الشكل (١٨ ب) أن مثل هذا يحدث أيضاً في المناطق الجنوبية فيطول النهار فيها أو يقصر حسب مقدار ميل أشعة الشمس . وعند منتصف صيفها (٢٢ ديسمبر) تتعامد الأشعة على مدار الجدى ($23\frac{1}{2}^{\circ}$ جنوباً) فلا تغيب الشمس عن آفاق البقاع التي على خط $66\frac{1}{2}^{\circ}$ جنوبى خط الاستواء في هذا اليوم فقط . أما جنوبى هذا الخط فيكون فيها نهار متصل قبل وبعد هذا اليوم أياماً يطول عددها أو يقصر حسب قربها أو بعدها من القطب الجنوبى وبطريقة مشابهة تماماً لما يحدث في نصف الكرة الشمالى التي ذكرناها آنفاً .

فضول الشمس



(شكل ١٩)

الفصول الرياضية

يمثل الشكل (١٩) مواقع الأرض بالنسبة للشمس أثناء مسارها في المدارات الكسوفية وبين اتجاه ميل محور الأرض في الفضاء وبالنسبة للشمس إلى تقع في وسط المدار تقريبا .

وفي ٢١ مارس من كل عام تكون الشمس في نقطة الاعتدال الربيعي وفي ٢١ يونيو تكون الشمس في المنقلب الصيفي وفي ٢١ سبتمبر تكون في الاعتدال الخريفي وفي ٢٢ ديسمبر تكون في المنقلب الشتوي .

ففي الحالة الأولى تكون الشمس في برج الحمل وتكون الأرض في الموضع من الفضاء المقابل له أي في برج الميزان وفي هذا اليوم تكون الشمس على دائرة المعدل وأشعتها عمودية على جميع نقط محيط خط الاستواء ويتساوى الليل والنهار في جميع أجزاء المعمورة .

وبى أثناء حركة الأرض في الفضاء حول الشمس يظل اتجاه محورها ثابتا لا يتغير ، ولذلك نجد أنه على تعاقب شهور السنة حيث تدخل الشمس بعد ذلك برجى الثور والجد على التعاقب يزبد ميل الشمس تدريجيا (شكل ١٧ و ١٨) وبالتالي ارتفاعها فوق أفاق المناطق الشمالية وبصير القطب الشمالي مائلا نحو الشمس فتتعامد الأشعة على بعض دوائر خطوط العرض في نصف الكرة الشمالي ويزيد طول النهار وينقص طول الليل تدريجيا إلى أن تدخل الشمس في برج السرطان . وفي ٢٢ يونيو تقع أشعتها عمودية على مدار السرطان (٢٣° شمالا) ، فتبلغ عندئذ أقصى ارتفاعها فوق أفاق المناطق الشمالية من سطح الأرض ، ويبلغ النهار أقصى طوله والليل أقصره في هذه المناطق كما أسلفنا

في هذا الوقت يسكون منتصف الشتاء بالنسبة لسكان نصف الكرة الجنوبي (شكل ١٨ ب) حيث تكون أشعة الشمس ابعدها يكون عن التعامد على السطح وهو عامل له اهميته القصوى في تحديد الفصول المناخية كما سنرى فيما بعد .

وفي الشهور التالية يولييه وأغسطس وسبتمبر تمر الشمس في بروج السرطان والاسد والسنبلة تبعاً ويميل القطب الشمالى تدريجياً الى الناحية الاخرى وينقص ميل الشمس تدريجياً الى دائرة المعدل وكذا تقل ارتفاعاتها على آفاق المناطق الشمالية يوماً بعد يوم حتى ٢٣ سبتمبر . في هذا اليوم تكون الشمس مرة أخرى على دائرة المعدل ويتساوى الليل والنهار طويلاً في جميع أنحاء المعمورة إذ تقع الأشعة عمودية على محيط خط الاستواء .

ومن ثم يستمر ميل الشمس وارتفاعاتها فوق آفاق المناطق الشمالية في التناقص تدريجياً أثناء مرورها في بروج الميزان والعقرب والقوس أثناء شهور اكتوبر ونوفمبر وديسمبر حتى يبلغا حدودهما الدنيا في ٢٢ ديسمبر وفي هذا اليوم يكون الليل أطول والنهار أقصره في جميع بقاع نصف الكرة الشمالى، والعكس بالنسبة لنصف الكرة الجنوبي .

ومن ذلك الوقت يبدأ ميل الشمس وارتفاعاتها فوق آفاق الاقطار الشمالية في الزيادة بالتدريج وتمر بروج الجدى والدلو والحوت على التعاقب أثناء شهور يناير وفبراير ومارس حتى تصبح عمودية على خط الاستواء عندما تصل الى منطقة الاعتدال الربيعى مرة أخرى في ٢١ مارس .

أما العوامل الرئيسية التي تؤثر في تحديد مقدار تأثير نقطة من سطح الأرض بحرارة الشمس فهي

- أولاً — المسافة التي بين الأرض والشمس في أى وقت
- ثانياً — ميل أشعة الشمس على السطح حينئذ
- ثالثاً — طول الفترة التي يتعرض في أثناءها السطح لحرارة الشمس أى طول النهار.

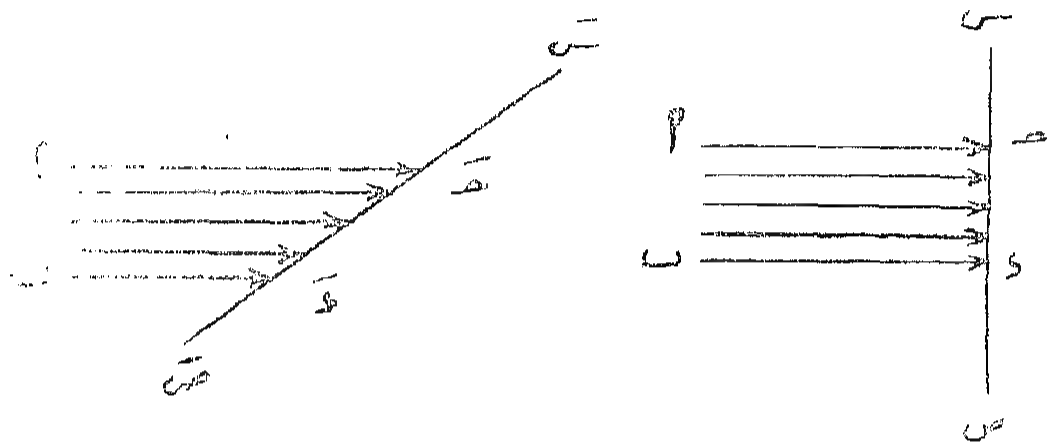
وتتكون الفصول الفلكية كنتيجة لتغير مقادير هذه العوامل مجتمعة على مدار السنة في جميع النقط من سطح الأرض

ولقد رأينا أنه كلما كانت أشعة الشمس أقرب الى التعامد على نقطة ما من سطح الأرض يزيد النهار طولاً ، على حساب نقصان طول الليل وبالعكس كلما بعدت أشعة الشمس عن التعامد على السطح زاد الليل طولاً على حساب النقص في طول النهار

أما تأثير عامل ميل الأشعة على السطح فله أهمية عظمى في تحديد الفصول الفلكية كما سنرى فيما بعد . وقبل أن نعالج تأثير العاملين الآخرين نستطيع التقارىء أن يتأمل الشكل (٢٠) ليدرك أهمية العامل الثانى

فالحرمة من الأشعة الحرارية أى التي تسقط عمودية على السطح من ص تؤثر فيه بمقدار أكبر مما لو كان السطح مائلاً كما في الوضع س ص (شكل ٢٠ ب) فهي في الحالة الأولى تتوزع على مساحة أصغر عرضها ح و وفي الحالة الثانية تتوزع على مساحة أكبر عرضها ح و فمن الواضح أن

ما يخص وحدة المساحات في الحالة الاولى أكبر منه في الحالة الثانية . وهكذا
يكون تأثير الأشعة الحرارية على سطح ما أكبر ما يمكن إذا كان السطح
عموديا على اتجاه الأشعة وأقل ما يمكن إذا كان موازيا له



(شكل ٢٠)

والآن نلاحظ أن الارض عندما تكون أبعد ما يكون من الشمس
تكون الأشعة أقرب ما يمكن إلى التعامد على السطح ، والنهار أطوله في
نصف الكرة الشمالي ، وتلعب الثلاثة عوامل السالفة الذكر أدوارها المختلفة
أما تأثيرها مجتمعة فاشتداد الحرارة نسبيا ووقوع فصل الصيف في المناطق
الشمالية من سطح الارض . ذلك لأن العامل الأول يحجبه تأثير العاملين
الآخرين . ولما كانت النسبة بين الحدين الأعلى والأدنى لبعد
الارض من الشمس هي كنسبة ١٠٣ : ١٠٠ فكمية الحرارة التي تستمدّها
الارض فعلا أثناء شتاء المناطق الشمالية إلى كمية الحرارة التي تستمدّها منها
أثناء صيف هذه المناطق هي كنسبة (١٠٣ : ١٠٠)^٢ أي أن الكمية الاولى
أكبر من الثانية بنحو ٦ ٪ . وذلك تطبيقا للقانون التربيعي العكسي المعروف .
فهذه الزيادة الطفيفة في كمية الحرارة التي تستمدّها الارض من الشمس في

هذا الموضع يحجب تأثيرها النسبي عاملاً بين الأشعة الساف الذك وتكون
نهار المناطق العالية يكون في هذه الحالة أطول من الليل . أضف الى ذلك
أن الأشعة في الشتاء تخترق مسافات من الطبقة الهوائية أطول نسبياً مما هي
في الصيف بسبب ميلها فيضعف ذلك من تأثيرها بمقادير تزيد في الشتاء عنها
في الصيف

وقد يقاد إلى الذهن من التأمل في شكل (١٩) أن متوسط درجة حرارة
الحرارة لا يختلف في الخريف عنه في الشتاء . ولعلنا نلاحظ أنه
ولو أن كمية الحرارة التي تستمدّها نقطة ما من سطح الأرض أثناء هذين
الفصلين تكاد تكون واحدة ، إلا أن ما تخزنه الأرض أثناء الصيف
يجعل الخريف أدفأ من الشتاء

هذا العامل هو بعينه الذي يعزى إليه اختلاف درجة الحرارة أثناء
اليوم الواحد . فلو تأملنا درجة الحرارة في مكان ما أثناء يوم من الأيام
لوجدنا أن اللحظة التي تصل فيها درجة الحرارة حدها الأعلى لا تطابق
اللحظة التي يستمد فيها السطح عند هذا المكان أكبر كمية من حراره
الشمس وهي اللحظة التي تكون فيها الشمس على خط الزوال عند الظهر
بل يقع ذلك حوالي الساعة الثالثة بعد الظهر صيفاً ، وحوالي الساعة الثانية
بعد الظهر شتاء . لأن أي نقطة من سطح الأرض تكتسب من حرارة
الشمس منذ بدء طلوعها أكثر مما تشعه في الفضاء فترة ترفع درجة الحرارة
عندها تدريجياً حتى حوالي الساعة الثالثة بعد الظهر ، ثم تنخفض تدريجياً إلى
اليوم التالي .

وتصل درجة الحرارة حدها الأدنى بوجه عام في المناطق الشمالية في شهر فبراير ، ومنذ ذلك الوقت حتى دخول الشمس في الانقلاب الصيفي تخزن الأرض من حرارة الشمس باستمرار ، ويتشبع المخزون تدريجياً حتى تصل الحرارة حدها الأعلى في شهر أغسطس . ونجد الصيف أشد حرارة من الربيع .

وبتطبيق قوانين كبلر نجد أن أطوال الفصول الفلكية غير متساوية الطول . والجدول الآتي يبين أطوالها للمناطق التي في نصف الكرة الشمالي

ساعة	يوم	
٢١	٩٢	الربيع - من الاعتدال الربيعي للمنقلب الصيفي
١٤	٩٣	الصيف - من الانقلاب الصيفي للاعتدال الخريفي
١٨	٨٩	الخريف - من الاعتدال الخريفي للمنقلب الشتوي
١	٨٩	الشتاء - من الانقلاب الشتوي للاعتدال الربيعي

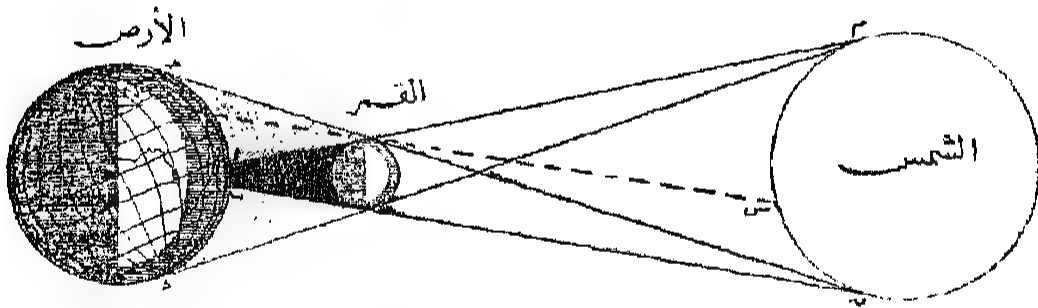
وبقابل صيف المناطق الشمالية شتاء المناطق الجنوبية ، وربيع الأولى خريف الثانية .

وأجماً لا نذكر نلاحظ أن العامل الأكبر في تكوين الفصول الفلكية هو ميل محور الأرض على الدائرة الكسوفية ، فلو كان مدار الأرض حول الشمس هو دائرة المعدل بدلاً من الدائرة الكسوفية لظل محور الأرض باستمرار عمودياً على مدارها ولصار اتجاه أشعة الشمس عمودياً على خط خط الاستواء ، وفي غيرها يكون ميل الأشعة في أي نقطة ثابتاً طول السنة ويتساوى الليل والنهار طولاً في جميع أنحاء الأرض وبصرف النظر عن اختلاف الحرارة بسبب اختلاف بعد الأرض من الشمس ، فإن ظاهرة الفصول الفلكية تتلاشى تماماً ، وهي من أهم الظواهر الرئيسية في حياة كل كائن حي على سطح الأرض .

كسوف الشمس

يحتجب ضوء الشمس عنا عندما يكون القمر بيننا وبينها ، لأن القمر - كما رأينا - جسم معتم .

ولما كان القمر يدور حول الأرض مرة في كل شهر فلما أن نتوقع لأول وهلة بتكرار ظاهرة كسوف الشمس مرة في كل شهر ، وهو ما لا يحدث في الواقع ، ذلك لأن مستوى مدار القمر (صورة منه شكل ٢٢) يميل على مستوى الدائرة الكسوفية بنحو $٥\frac{1}{2}^{\circ}$ ، ولذلك لا يكون القمر في المستوى الذي يحتوي الأرض والشمس في كل دورة . ونتيجة لذلك لا يقع الكسوف في كل مرة



(شكل ٢١)

ويوضح الشكل (٢١) كيفية حدوث هذه الظاهرة عندما يتوسط القمر في ابتداء الشهر القمري بين الشمس والأرض فيحجب ضوء الأولى عن الثانية فيما بين المقتنين (أ ب) من سطح الأرض حيث يقابل المماسان الخارجيان لسطحي الشمس والقمر سطح الأرض فلا ترى الشمس مطلقاً في أية نقطة من مقطع المخروط لسطح الأرض عند أ ب إذ يحول دون ذلك وجود القمر في هذا الوضع

ويبعد المماسان الداخليان م و ن ح المماسات الأخرى من سطح الأرض التي يكون احتجاب الشمس فيها جزئيا . ففي المنطقة ج مثلا لا يحجب القمر سوى الجزء الأسفل من قرص الشمس هو امتداد م ن

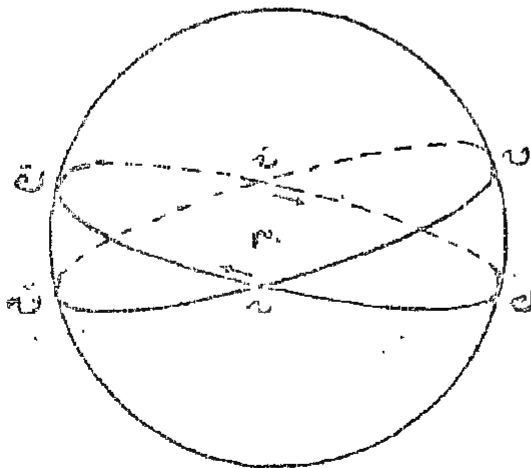
والمماسان الأساسيان في حدوث الكسوف الكلي للشمس في نفسهما هما أولا ه مقدار الزاوية التي بين حافتي القمر عند سطح الأرض بالنسبة الى مثلها بين حافتي الشمس والتي تقدر بـ ١٢.١ و ١٢.٢ ثانيا نسبة قوسية و بـ أكثر من ذلك قليلا للقمر .

ثانيا - وقوع مراكز الشمس والقمر والأرض على خط مستقيم .
وتوفر الشروط الأخير غير ممكن في أوائل كل شهر قمرى للسبب الآنف الذكر .

ولما كانت الشمس تقطع الدائرة الكسوفية في $٣٦٥\frac{1}{4}$ يوما ، والقمر يقطع مداره حول الأرض بالنسبة للنجوم الثابتة في $٢٧\frac{1}{4}$ يوما ، نجد ان

الكسوف الكلي لا يحدث إلا عندما يكون كل من الشمس والقمر قريبين من نقطتي تقاطع مدار القمر مع مدار الشمس وهما الدائرتان الكسوفية وهما المسميان العقدة

(شكل ٢٢)



(شكل ٢٢)

فالو فرضنا الأرض هي المركز وأن الشمس في نقطة ك من مدارها

والقمر في نقطة ق من مداره فان حدثت الكسوف مستحيل في هذه الحالة .
إذ تبلغ الزاوية بين الشمس والقمر عند سطح الأرض م إذ ذاك $\frac{1}{4}^\circ$

حركة القمر حول الأرض أكثر تعقيدا من حركة الشمس فمداره ليس دائريا تماما بل بيضيا كما يدل عليه تغير مقدار الزاوية التي بين حافته باستمرار و يبلغ لاختلاف المركزى لمداره $\frac{1}{4}$. وفضلا عن ذلك فان الشمس تؤثر عليه بالجاذبية ويتغير نتيجة لذلك شكل مداره . ولقد وجد ان العقدتين ن ، ن غير ثابتتين بل تتحركان على الدائرة الكسوفية حركة تقهقرية ، (في اتجاه السهم) بمعدل دوره كاملة في الدائرة الكسوفية كل ١٩ سنة تقريبا . وتتحرك الشمس بالنسبة للأرض م في الاتجاه ن ك ن وعلى ذلك فالزمن الذي يمضي بين عبورين متتاليين للشمس بإحدى العقدتين يساوى ٣٤٦٠٦٢ يوما وهذه الفترة تسمى السنة الكسوفية .

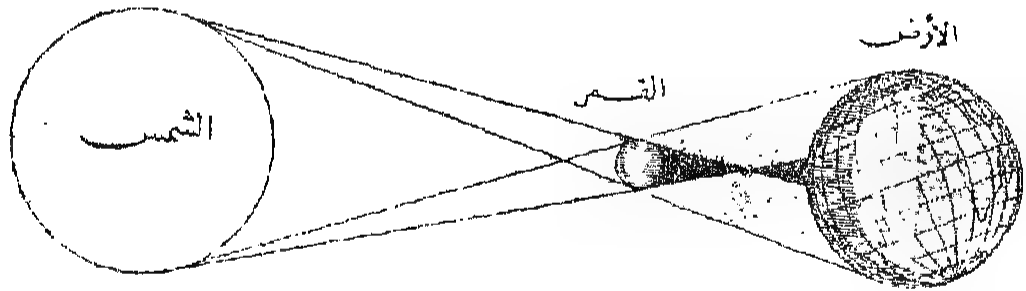
ولما كان طول الشهر القمري وهو مدة دورة القمر حول الأرض بالنسبة للشمس يساوى ٢٩ . ٥٣ يوما نجد أن ١٩ سنة كسوفية تحوى ٦٥٨٥٠٧٨ وهو ما يعادل ٢٢٣ شهرا قمريا مقسما مدارها ٦٥٨٥٠٧٨ يوما تقريبا .

فلو فرضنا انه في ابتداء احد الشهور القمرية كان كل من الشمس والقمر قريبا من إحدى العقدتين ن مثلا - فوقع كسوف الشمس فإنه بعد مضي ٦٥٨٥٠٧٨ يوما يكون القمر مرة اخرى في المحاق وتكون الشمس قريبة من نقطة ن فيحدث كسوف آخر للشمس .

وتسمى الفترة الزمنية سالفة الذكر والتي تساوى ١٨ سنة شمسية و ١١ يوما الساروس (Saros) وقد كانت معروفة لدى الفيلسوفين من قديم الزمان . ومن

الواضح أن أى كسوف للشمس يستمر حدوده بنفس الظروف بعد فترة من الزمن تساوى هذه الفترة. وهكذا يتاح لنا التنبؤ بظواهر الكسوف جميعها مستقبلا على وجه التقريب، غير أنه عند حساب ظروف هذه الظاهرة بالدقة لا بد من معرفة حركة كل من الشمس والقمر بالنسبة للأرض. وما هو جدير بالملاحظة أن الكسوف الكلى للشمس لا تتجاوز مدته أكثر من ثمان دقائق في أحسن الظروف.

الكسوف الخلقى : شرحنا آنفا الظروف التى قد يكون فيها كسوف الشمس كليا أو جزئيا. والآن لما كان مدار القمر بيضيا ذا اختلاف مركزى كبير فأن بعده من الأرض يتراوح بين ٢٢٢٠٠٠ ميل عندما يكون فى نقطه الحضيض من مداره و ٢٥٢٠٠٠ عندما يكون فى نقطة الأوج المقابلة ولقد قدر طول ظل القمر بنحو ٢٢٢٠٠٠ ميل \pm ٤٠٠٠ ميل، لذلك نجد أن ظل القمر قد يكون كائما فى بعض الأحيان لبلوغ سطح الأرض ويكون ثمه كسوف كلى



(شكل ٢٢)

فى نقط معينة من سطح الأرض. أما فى معظم الأحيان فإن ظل القمر يقصر عن بلوغ سطح الأرض ويكون قطره الظاهرى أصغر من قطر الشمس (شكل ٢٣) وفى هذه الأحوال يشاهد الراصد عند النقطة من سطح الأرض الواقعة على امتداد الخط بين مركزى النيرين نوعا آخر من أنواع

الكسوف يعرف بالكسوف الحاقى فيرى قرص القمر المعتم محاطا بحلقة مضيئة من قرص الشمس

. . .

أهمية الكسوف الكلى : ورغم أن الكسوف الكلى لا يقع إلا نادرا . وأنه لا يستغرق إلا فترة وجيزة لا تتجاوز بضعة دقائق ، فإن له من الأهمية العلمية البالغة ما يفتضى العلماء والفلكيين بذل الجهود المختلفة مقدما في الاستعداد لرصده وتحمل المشاق الكثيرة في سبيل ذلك ، فكثيرا ما يكون وقوعه في مناطق نائية وبعيدة عن العمران . ذلك لأنه يتيح لهم فرصة فريدة في نوعها للقيام بدراسات علمية مختلفة لا تتوفر لهم في غير هذه المناسبة نذكر منها على سبيل المثال ما يأتي

أولا — دراسة أكليل الشمس فوتوغرافيا بعنسات ذات بعد بؤرى طويل وبالمطاياف وبالأجهزة الضوئية الحساسة والمستقطبة

ثانيا — البحث عن سيارات أو مذنبات بالقرب من الشمس
ثالثا — تحقيق نظرية النسبية العامة لآينشتاين بتصوير النجوم القريبة من الشمس وقياس الانحراف الناشئ من تأثير جاذبية الشمس على ضوءها

رابعا — دراسة تأثير الكسوف الكلى على الموجات اللاسلكية وعلى
الاخص القصيرة

خامسا — دراسة تأثير كسوف الشمس على المغناطيسية الأرضية

الشمس - بمسرح طرب السنية اللهم القرمزية التي توجد على سطح الشمس

سابعاً - استكمال دراسة حركة القمر المعقدة

وفي كسوف كلى عام ١٩١٩ حققت البعثات البريطانية التي أوفدت
رصدته في البرازيل نظرية النسبية لاينشتين لأول مرة، فقد دلت أرصادهم
وقمتهم على وجود تغير في مواقع النجوم القريبة من الشمس بتأثير جاذبيتها
على الضوء المنبعث من النجوم المنار بالقرب من الشمس، مما يجعله ينحني
بمقدار ١.٧٥ ثانية قوسية. وفي كسوف كلى عام ١٨٨٢ - الذى شوهد في
مصر - اكتشف مذنب كبير بالقرب من الشمس لم يكن معروفا من
قبل. وتمكن الفلكي الانجليزى (هالى) بعد دراسة أوقات الكسوف
السابقة لعمده من كشف زيادة طفيفة في طول اليوم يعزوها العلماء الى تباطؤ
دوران الأرض بتأثير قوى احتكاك المياه بالشواطىء أثناء المد والجزر
وقد تمكن العالم الفرنسى (ليو) أخيراً من استنباط طريقة لرصد
أكايل الشمس الداخلى في أى يوم دون الانتظار لحالات الكسوف الكلى
النادر، فأقام لهذا الغرض منظاراً على قمة عالية من جبال البرانس لتلافي تأثير
الدخان والتراب المعلق في الهواء والسحاب. ووضع في داخل المنظار قرصاً
مظلياً يحجب ضوء قرص الشمس دون الأكليل الشمسى فأنحى بهذه الوسيلة
امكان دراسة بعض المسائل السالفة الذكر بانتظام. ومع ذلك فلا يزال
الكسوف الكلى الطبيعى أكثر صلاحية ووفاء بالغرض من أى كسوف
صناعى كهذا الذى استحدثه (ليو) ويعد وحده مفتاح الكثير من الدراسات
العلمية الهامة.

ويلاحظ أنه قبل أن يسير الكسوف كليا بنحو نصف ساعة يقيم لون
الأرض والجو فيثير شعوراً سحرياً غريباً في نفوس البشر، وتفزع الطيور
وتنبج السكلاب وتصبح الدبكه وقبيل وقوع السكلية يحثم الدجاج ويتسكون

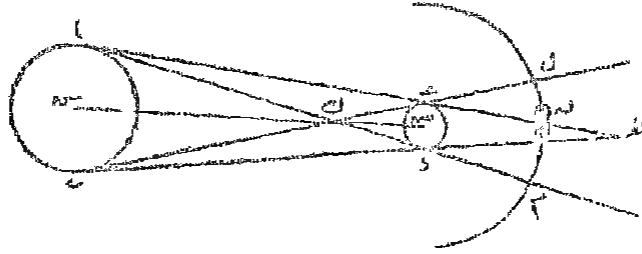
الندى والصقيع في بعض الأحيان وتطوى الزهور أوراقها وقد يشاهد قبيل وقوع الكسوف الكلى بدقائق — حلقات ظلال مخفية تشرق فوق السطوح البيضاء هي ظلال أمواج في جو الأرض . وقد يرى الراصد في الأحوال الملائمة ظل القمر ممتدا في الهواء كأنه سحابة رعد ينحرك من الغرب بسرعة كبيرة تقدر بنحو عشرين ميلا في الدقيقة . ويشاهد في هذا الوقت أيضا تحول الحافة الهلالية الشكل لقرص الشمس الشرقى الى خرزات تعرف (بخرزات بيلي) نتيجة لضوء الشمس الذي ينفذ من خلال المرتفعات التي على سطح القمر عند حافته . كما يشاهد عند حافتها الغربية ضوء الأكليل الداخلي كغلاف باهت عجيب...

ولا تلبث الخرزات عادة الا قليلا ثم يظهر بعد ذلك الأكليل وقد حدث في أثناء كسوف ١٩٣٥ أن ظلت إحدى الخرزات بادية لعيان الناظرين حتى بعد ظهور الأكليل بوضوح وكأنها قطعة من ماس

ومختلف شكل الأكليل بين كسوف وآخر ، وهو يتكون عادة من حلقة مضيئة حول الشمس ذات امتدادات في بعض النقط قد تبلغ أضعاف قطر الشمس ، ضوءها خافت ، وقد ترى خلالها السيارات أو النجوم . أما ضوء الأكليل نفسه فابيض لؤلؤي ، ويشهد لمعانه عند الحافة الداخلية . وقد يرى خلال المنظار شواظ قرمزية اللون كاللهب في شكلها تمتد من السكرة اللونية الحمراء التي ترى عند احتجاب حافة الشمس أو ظهورها بعد الاحتجاب

ومع أن احتجاب قرص الشمس أثناء الكسوف ينشأ عنه ظلام مخيف ألا انه على أي حال ليس ظلاما كاملا لأن الضوء المنبعث من الأكليل — والذي يقدر بنصف ضوء القمر بدرا — وكذا ضوء الشمس الذي تعكسه السحب العالية وجزئيات الهواء — حيث يكون الكسوف عندها جزئيا — كلاهما يخفف من حدة الظلام

خسوف القمر



لو فرضتسبنا أن سـ مركز الشمس ، صـ مركز الأرض ، اـ بـ ، بـ ،
المماسان الخارجيان ، اـ بـ ، المماسان الداخليان في مستوى الورقة
نجد أنه في أى نقطة سـ من المخروط هـ حـ ، تحجب الأرض كل الأشعة
الضوئية من الشمس فيشكل الظل ، أما الجزء من الفضاء المحصور بين هذا
المخروط والمخروط المحدد بالمماسين الداخليين ، فكل نقطة فيه تحجب فيها جزء
من ضوء الشمس ، فلا تصله الأشعة من جسم الشمس كله ويسمى هذا الجزء
شبه الظل . فعندما يدخل القمر مخروط شبه الظل في النقطة ل يقل الضوء
الساقط عليه من الشمس تدريجيا مما لا تلاحظه العين المجردة حتى يصل إلى
النقطة ق من مداره التي تقع في ابتداء مخروط الظل فيقل ضوءه بسرعة
حتى لا يرى . وحينئذ يخسف القمر .

وعندما يقترب القمر من النقطة التي يكون فيها الخسوف كلياً يضيء
قليلاً بضوء الشمس الذي يمر بالانكسار في الطبقة الجوية المحيطة بالكرة
الأرضية . ونظراً لامتصاص الهواء للأشعة القصيرة الموجهة يكون لون
القمر نحاسياً وتختلف مقدار الأضاءة في هذه الحالة بين خسوف وآخر
باختلاف الأحوال الطبيعية للطبقة الهوائية .

الأرض — لأن الأول أقرب نسبياً — يعلو سطح الماء الواقع في الاتجاه نحو القمر . أما الماء الذي يغطي سطح الأرض في الاتجاه المقابل فيكون جذب القمر له أقل من جذبه للأرض من تحته ، لأن الأخيرة أقرب إلى القمر نسبياً ، ولهذا يعلو سطحه الماء أيضاً في هذا الاتجاه .

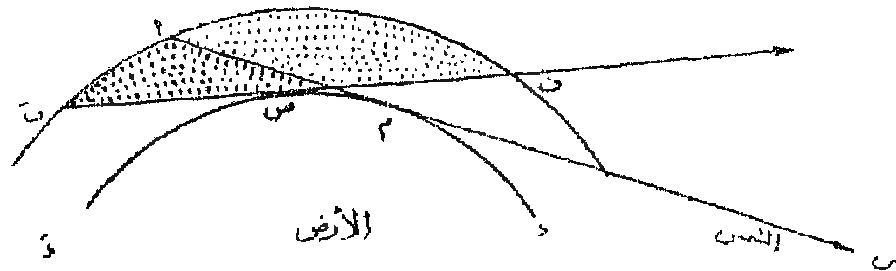
أما تأثير جاذبية القمر على مياه المحيط في النقط الأخرى فمن البديهي أن قوة الجذب تكون في اتجاه القمر وتحليلها إلى مركبتين متعامدتين الأولى في اتجاه المماس للأرض والثانية في الاتجاه العمودي عليه نجد أن المركبة الأولى ينشأ عنها اندفاع الماء نحو الجهة من سطح الأرض التي يتسامت عندهما القمر وهكذا تتدافع المياه من جميع النقط نحو هذه النقطة الأخيرة التي تقع رأسياً تحت القمر بتأثير هذه المركبة وتكون ذروة المد عندها ، ثم تنتقل على السطح تبعاً لحركة القمر حول الأرض .

ولما كان مسار القمر حول الأرض لا ينطبق على مستوى خط الاستواء ، نجد أن ذروفي المد في النقطتين المتقابلة غير متساويتين . إذ ينشأ عن جذب القمر للماء الذي يغطي السطح الكروي أن يكون شكل الغطاء المائي بيضياً ، محوره الأكبر في اتجاه القمر . ولما كان تأثير الجذب على النقط من سطح الماء التي في نصف الكرة المواجهة للقمر أكثر من التي في النصف الآخر فإن ارتفاع المد في جميع النقط التي في النصف الأول أكبر منه في النصف المقابل ما لم يكن اتجاه القمر في مستوى خط الاستواء ، ففي هذه الحالة يكون ارتفاع المد في أي نقطة من السطح المواجهة للقمر مساوياً لمثله في النقطة المقابلة لها من النصف الآخر الواقعة على نفس دائرة خط العرض . وهذا لا يحدث إلا مرتين في الشهر عندما يمر القمر بنقطتي تقاطع مساره مع دائرة المعدل .

وهناك أيضا جاذبيه الشمس على جزئيات الماء وتأثيرها يماثل تأثير جاذبية القمر ، إلا أنه ولو أن كتلة الشمس أكبر بكثير من كتلة القمر إلا أنها أبعد عنها بكثير من القمر ، ولهذا فإن تأثيرها المدى لا يساوى أكثر من تأثير القمر . ولهذا نجد أن القوتين يتحد اتجاههما عندما يكون القمر في الربع الأول أو الربع الأخير ونسبة المد في الحالة الأولى الى المد في الحالة الثانية كنسبة ١١ : ٥ الى ١١ : ٥ أى ٨ الى ٣

وهناك عوامل أخرى تدخل في حساب المد منها حالة شواطئ المحيطات فقد افترضنا الآن أن الأرض كرة مغطاة بانتظام بالماء ومن هذه العوامل أيضا دوران الأرض حول محورها ، والاختلاف المركزى لمركز القمر . مما يضيف به المقام هنا .

الشفق



لو فرضنا أن 'ص' و 'د' يمثل جزءا من سطح الكرة الأرضية ، وأن 'ف' و 'ا' جزء من الغلاف الجوى المحيط بها ، وأن 'ص' راصد ما وأن 'ش' الشمس بعد الغروب بالنسبة لهذا الراصد 'ص' ، فإذا رسمنا المماس للأرض من نقطة 'ص' فإن 'ف' يمثل الأفق المرئى بالنسبة لهذا الراصد

ولو أننا رسمنا المماس 'ش' م 'ا' من الشمس مماسا لسطح الأرض في 'م' فإننا

نجد أنه رغم أن الشمس قد غابت تحت أفق الراصد من فاحتجبت عن
الانظار تماما، فإن نقطة مثل α من الطبقة الهوائية في مكانها لم تنزل تستفيد من
الشمس بطريقة مباشرة، وكذلك جميع النقاط الواقعة بين α و β من الطبقة
الهوائية والتي تقع فوق أفق هذا الراصد.

وهكذا نرى أن الشمس حتى بعد منيها تحت الأفق بالنسبة للراصد، تشع
الضوء على جزء كبير من الطبقة الهوائية المحيطة به فتعكسه الذرات والجسيمات
المختلفة المعلقة فيه، ولهذا السبب نرى الجزء من السماء الذي فوق المماس شـ
مضيئا بينما نرى الجزء α مـ فـ الذي تحت هذا المماس مظلمًا وتامًا فحطت الشمس
تحت الأفق يقل الجزء المضيء تدريجيا حتى تطبق نقطة α على نقطة β وحينئذ
يتعدم الضوء الذي يصل مباشرة من الشمس إلى الذرات المعلقة في الهواء فوق
أفق الراصد.

هذه هي ظاهرة الشفق الذي نراه كل ليلة بعد غروب الشمس ناحية الغرب
وكل صباح ناحية الشرق قبل شروق الشمس حيث نرى جانبا من الطبقة الهوائية
مضيئا ناحية الشرق ويزيد تدريجيا حتى تطلع الشمس.

غير أن هناك اختلافًا يسيرا بين ظاهرتي شفق الصباح وشفق المساء .
فبينما أن ضوء الشمس المنعكس من الذرات المعلقة في الهواء عند
الغروب مصفرا . ثم يتغير لونه تدريجيا حتى ينتهي بالضوء الأبيض عند
ابتداء الليل . نجد أن الفجر يبدى بظهور الضوء الأبيض . ثم يصفر تدريجيا
حتى ينتهي باللون الأحمر عند طلوع الشمس .

وبالرغم من ذلك فإن هاتين الظاهرتين متماثلتان تماما، ويرجع اختلاف
الالوان إلى اختلاف خاصية مركبات الضوء

وينتهي الشفق بعد الغروب بزيادة قليل التسوف عند ما تكون الشمس تحت الأفق بنحو 18° .

ولقد اتفق أئمة المسلمين على إعتبار أول ظهور الشفق الأبيض شرقاً من ابتداء صلاة الفجر، واختتموا في تقدير مبدأ صلاة العشاء فاعظمهم يرى أنه وقت مغيب الشفق الأحمر بعد غروب الشمس وعند أبي حنيفة وبعض المالكية وقت العشاء عند مغيب الشفق الأبيض.

أما الفلكيون فقد اختلفوا في تقدير اللحظة التي يغيب فيها الشفق الأحمر ومعظمهم يحدده باللمحة التي تكون فيها الشمس تحت الأفق غرباً بنحو $33^\circ 17'$.

أما وقت ظهور الشفق الأبيض شرقاً فقد عيّن باللمحة التي تكون الشمس فيها تحت الأفق بنحو $33^\circ 19'$.

وطالما أثار البعض جدلاً في هذا الموضوع والواقع أن الفترة بين غروب الشمس ومغيب الشفق الأحمر أو بين شروق الشمس وظهور الشفق الأبيض تختلف في المكان الواحد باختلاف الفصول والأحوال الجوية وتختلف بالنسبة لمكانين من سطح الأرض باختلاف خطي عرضيهما.

الباب الخامس

مقاييس الزمن الفلكية

اليوم النجمي - اليوم الشمسي الحقيقي - اليوم الشمسي الوسطي - مهادلة الزمن -
تعيين وقت الظهر - السنة النجمية - السنة الشمسية - السنة المدنية - التقويم المصري
القديم - التقويم الجريجوري - التقويم القبطي - شم النسيم - التقويم الهجري - تعيين الزمن

تقاس الأيام والشهور والسنين بمقاييس فلكية تحددها ظواهر فلكية ذات أهمية خاصة في حياة البشر . فالأيام تقاس بحركة دوران الأرض حول محورها من الغرب إلى الشرق ، وما ينشأ عنها من اختلاف الليل والنهار وحركة الأجرام السماوية ومن بينهما الشمس والقمر ظاهرياً من الشرق إلى الغرب . والشهور تقاس بحركة القمر حول الأرض بالنسبة إلى الشمس فيكون هلالاً صغيراً في مستهل الشهور ، ثم يكبر يوماً بعد يوم حتى يصير بدراً كاملاً فتخف وحشة الظلام أثناء الليل ، ومن ثم يصغر تدريجياً ويقل ما نراه من نصفه المضيء حتى يعود إلى حالته الأولى . أما السنين فتقاس بحركة الأرض في مدارها حول الشمس ، وما ينشأ عنها من تعاقب الفصول الفلكية وتحرك الشمس ظاهرياً في البروج .

أما الأسابيع وأجزاء اليوم فوحدات اصطلاحية للزمن . يروى أن ملوك بابل كانوا يتجنبون الفصل في شئون الدولة في اليوم السابع والرابع عشر من كل شهر ، وكذلك اليهود فقد كانوا منذ أقدم العصور يمتنعون عن العمل في أيام السبت . ثم انتقلت فترة السبعة أيام إلى الكنيسة المسيحية وعظم أول الأسبوع حتى وقتنا هذا .

وحدات اليوم

١ - اليوم النجمي :

إن حركة الأرض حول نفسها هي الساعة الطبيعية العظمى التي لا يعادلها شيء آخر في دقتها . ولما كان من المستحيل صنع ساعة ميكانيكية أو كهربائية تماثل أو تفوق حركة الأرض اليومية ، أفترضنا على أساس سليمة أن طول هذه الفترة الزمنية لحركة الأرض اليومية ثابت لا يتغير بمرور السنين . ويمكن قياس هذه الفترة بما ينشأ عن دوران الكرة الأرضية من دوران الكرة السماوية وما عليها من اجرام .

ولقد اتخذت هذه الفترة وحدة أساسية من وحدات الزمن الرئيسية وتعرف « باليوم النجمي » وتقاس بالفترة الزمنية التي تسمى بين عبورين متتاليين لنقطة الاعتدال الربيعي فوق خط الزوال .

أما أجزاء اليوم النجمي فتقدر بالزاوية الساعية لنقطة الاعتدال الربيعي في أي لحظة .

ولما كانت الزاوية الساعية تقاس موجه من خط الزوال في اتجاه الغرب والمطلع المستقيمة تقاس موجه من نقطة الاعتدال الربيعي نحو الشرق فالعلاقة الآتية تربط كلا من الوقت النجمي والمطلع المستقيم والزاوية الساعية لنجم ما .

الزاوية الساعية لنجم ما في لحظة ما = الوقت النجمي عند هذه اللحظة - المطلع المستقيم لهذا النجم .

كما يتضح من الشكل ٢٤ وفيه α يمثل دائرة المعدل و γ القطب الشمالي ، ع نقطة الاعتدال الربيعي ، ن نجم ما فالزاوية الساعية للنجم في

بعضه شهرين وهكذا نجد أن اليوم الشمسي رغم أنه ثابت الطول ثبوتاً مطلقاً تقريباً ، فإنه لا يصلح لأن يكون وحدة من وحدات الزمن في الشئون المدنية لأن مبدأه غير ثابت بالنسبة لمتوسط النهار (عبور الشمس خط الزوال) . بل يتقدم عليه بـ دقائق في كل يوم ، فاحياناً يكون منه عند منتصف النهار أو قريباً منه ، وأحياناً أخرى يكون عند منتصف الليل .

غير أننا من الناحية الأخرى نجد أن اليوم الشمسي الحقيقي غير ثابت الطول ، لأن سرعة الشمس الظاهرية وسط النجوم غير ثابتة على مرور الأيام أثناء السنة وذلك لسببين .

الأول — أن مدار الأرض حول الشمس ليس دائرياً تماماً بل قطعاً ناقصاً (يضى الشكل) . ولما كان الخط الواصل بين الأرض والشمس يقطع من مستوى الدائرة الكسوفية مساحات متساوية في أزمنة متساوية نجد أن سرعة الأرض الحقيقية (وهي سرعة الشمس الظاهرية) غير ثابتة في طول المدار .
الثاني — أنه يفرض أن مدار الأرض حول الشمس كان دائرياً تماماً فطول اليوم الشمسي الحقيقي لا يكون ثابتاً إلا لو كانت الدائرة الكسوفية منتظمة تماماً على دائرة المعدل .

ولهذا نجد ان عدم ثبوت طول اليوم الشمسي يجعله هو أيضاً غير صالح للاستعمال كوحدة أساسية في حساب الزمن .

٣ - اليوم الشمسي الوسطى :

من أجل هذا افترض الفلاسكيون شمسا وهمية تتحرك بسرعة منتظمة طول السنة ، وتم دورة كاملة في دائرة المعدل في مدة سنة ، واتخذوا الفترة

الزمنية التي تدفنى بين عبورين متتاليين لهذه الشمس الوهمية وحدة من وحدات الزمن وأسموها (اليوم الشمسي الوسطى) لأن طوله يعادل متوسط أطوار الأيام الشمسية الحقيقية على مدار السنة . وهو ثابت المقدار ، ومبدؤه من العبور السفلى للشمس الوسطى خط الزوال ، أى من منتصف الليل .

معادلة الزمن :

والفرق بين لحظتى عبور الشمس الوسطى والشمس الحقيقية فى أى يوم خط الزوال دقائق قليلة وهذا الفرق ليس قابلاً للتكامل كما هو الحال بالنسبة للفرق بين عبور نقطة الاعتدال الربيعى والشمس الحقيقية أو الوسطى ويختلف مقداراً باختلاف الفصول . ويسمى هذا الفرق (معادلة الزمن) ويعتبر موجباً إذا كانت الشمس الوسطى تعبر خط الزوال قبل الحقيقية فى ذلك اليوم وأجزاء اليوم الشمسي الوسطى تقدر بالزاوية الساعية للشمس الوسطى وتقاس بالساعات الميكانيكية أو الكهر بائية المختلفة . أما الزمن الشمسي الحقيقي فتبينه المزاوول الشمسية والعلاقة الآتية تربط الزمن الشمسي الحقيقي والوسطى ومعادلة الزمن .

الزمن الشمسي الحقيقي - - معادلة الزمن = الزمن الشمسي الوسطى
ومعرفة الزمن بكل دقة من المسائل ذات الأهمية الحيوية العظمى وعلى الأخص فى شؤون الملاحة البحرية والجوية وعمليات المساحة . ونظراً لما لعامل التغير فى درجة الحرارة والضغط الجوى من الأثر المباشر فى حركة الساعات الميكانيكية أو الكهر بائية بجميع أنواعها ، كان لزاماً علينا معاييرها بين آن وآخر بساعة لا تتأثر بهذين العاملين أو بأمثالهما ، هذه الساعة هى كما سبق ذكرنا حركة الأرض اليومية حول محورها من الشرق الى الغرب ، وما ينشأ عنها من شروق النجوم وارتفاعها فوق الأفق حتى تعبر خط الزوال .

من أجل هذا تعابير الساعات النجمية في المراصد بأرصاد زوايا النجوم لمعرفة الوقت النجمي الصحيح، ومن ثم استنباط الوقت الشمسي الوسطي الذي نأخذ أساسا لقياس الزمن في الشئون المدنية .

لهذا نرى أنه رغم التقدم الكبير في صناعة الساعات المختلفة فإن تعيين الزمن لم يزل من الأعمال الفلسفية المناطة بالمراصد .

الوقت المحلي والمدني

الوقت المحلي :

الوقت المحلي سواء كان وسطيا أو حقيقيا عند لحظة ما هو عبارة عن الزاوية الزاوية في هذه اللحظة للشمس الوسطى أو الحقيقية . ومن الواضح أنه يختلف باختلاف المكان من سطح الكرة الأرضية . فمثلا الوقت المحلي في لحظة ما في مدينة القاهرة يزيد على الوقت المحلي في نفس هذه اللحظة في مدينة الإسكندرية بفترة من الزمن تتناسب طولا مع الفرق بين خطي طولها .

الوقت المدني :

ولقد أصبحنا نعيش في عصر تقدمت فيه وسائل الانتقال تقدما كبيرا ولذلك نجد أن الوقت المحلي غير صالح لأن يكون أساسا في قياس الزمن ذلك لأن مبدأه يختلف باختلاف مواقع المدن والبلدان في القطر الواحد فيختلف تبعاً لذلك ما يدل على الوقت في أية لحظة ، من أجل هذا استعاضت عنه الممالك المتحضرة بنظام آخر يعرف (بنظام الوقت المدني) فجعلوا عبور الشمس الوسطى خط طول معين مبدأ لليوم بالنسبة لمنطقة كبيرة من سطح الأرض .

وقد اتفق على تقسيم سطح الأرض إلى مناطق عرض كل منها ١٥° منطقة جرينتش وهى المنطقة الأولى تشمل المناطق من سطح الأرض التى يحدها خطا طول ٧٥° شرق جرينتش ، ٧٥° غرب جرينتش ، ويبدأ فيه اليوم من لحظة عبور الشمس الوسطى لخط جرينتش. والمنطقة الثانية تشمل جميع البلدان المحصورة بين خطى طول ٢٢٥° شرق جرينتش ٦٥° شرق جرينتش، ويبدأ اليوم فيها من لحظة عبور الشمس الوسطى خط طول ١٥° شرق جرينتش، ولما كانت الشمس الوسطى تقطع بانتظام الدرجة من خطوط الطول فى ٤ دقائق زمنية نجد أن وقت هذه المنطقة يكون متقدما على وقت جرينتش بساعة. والمنطقة الثالثة تشمل جميع البلدان التى بين خطى طول ٣٧٥° ٦٥° شرق جرينتش، ويبدأ اليوم فيها لحظة عبور الشمس الوسطى خط طول ٣٠° وهو الذى يمر قريبا جدا من مدينة الاسكندرية والوقت فى هذه المنطقة يكون متقدما على الوقت فى المنطقة الأولى بساعة وعلى الوقت فى منطقة جرينتش بساعتين .

وهكذا قسمت المناطق الأخرى من سطح الأرض الوقت. ومن الواضح أن الوقت المدنى لا يزيد أو ينقص عن الوقت المحلى فى البلدان التى تقع على حدود المنطقة عن نصف ساعة. والوقت المدنى فى مصر هو وقت المنطقة الثانية.
الساغة الذكر ،

وحدات السنة

١ — السنة الشمسية

هذه هى الوحدات المختلفة فى قياس اليوم ، وقد تكلمنا قبل ذلك عن الشهر عند كلامنا عن القمر . أما الوحدة الرئيسية الثالثة فى قياس الزمن

في السنة ، وهي الفترة التي تستغرقها الشمس لتتم دورة كاملة في حركتها الظاهرية في الدائرة الكسوفية بالنسبة إلى نقطة معينة من الفضاء السماوي وتختلف طولا باختلاف النقط المختارة فالسنة الشمسية هي الفترة الزمنية التي تقطعها الشمس في أثنائها محيط الدائرة الكسوفية بالنسبة لنقطة الاعتدال

ثانية	دقيقة	ساعة	يوم
٥٦	٤٨	٥	٣٦٥

الرئيسي ويبلغ طولها ٣٦٥ ر ٢٤٠٢٢١٦ يوما .

٢ - والسنة النجمية هي الفترة الزمنية التي تقطعها الشمس في أثنائها الدائرة الكسوفية بالنسبة إلى نجم من النجوم الثابتة

ولقد رأينا آنفاً أن نقطتي الاعتدال ليستا ثابتين ثبو تامطلقا في الفضاء السماوي بل تتقدم قرآن بالنسبة للنجوم الثابتة بمعدل ٢٢ ر ٥٠ ثانية قوسية في كل عام ويتبع ذلك أن طولي الـ وحدتين السالفين الذكر من وحدات السنة ليستا متساويتين ففي الحالة الأولى تقطع الشمس من مسارها ما طوله ٣٦٠° - ٢٢ ر ٥٠ من مسارها أثناء سنة شمسية، وفي الحالة الثانية تقطع ٣٦٠° ملة . وسرعة الشمس واحدة في كلتا الحالتين وتساوي

$$\frac{٣٦٠}{\text{طول السنة الشمسية}} \text{ وتساوي أيضا } \frac{٣٦٠ - ٥٠ ر ٢٢}{\text{طول السنة النجمية}}$$

وتحدد هاتان المتساويتان طول السنة النجمية والشمسية . ومنها يتضح أن طول السنة النجمية يساوي ٣٦٥ ر ٢٥٦٤٧٤ يوما .

٣ - السنة المدنية : لما كان طول كل من الـ وحدتين السالفين الذكر يحتوي على عدد صحيح وكسر من اليوم نجد أنهما لا يصلحان للاستعمال في الشئون

المدنية، إذ لا يمكن أن يكون مبدأ اليوم في مستهل السنة بعد مضي كسر معين منه، ويتعين على مرور السنين . ولقد تغلب المصريون القدماء على هذه الصعوبة باستنباط السنة المدنية في عدد السنين، فجعلوا في كل دورة من أربع سنين ثلاثاً كل منها ٣٦٥ يوماً والرابعة ٣٦٦ يوماً مما يجعل متوسط طول السنة المدنية $365\frac{1}{4}$ يوم فالفرق بينها وبين طول السنة الشمسية الحقيقية صغير جداً فإغفلوه .

واصطالح على جعل السنين التي تقبل أعدادها القسمة على ٤ كبيسة أي ٣٦٦ يوماً وما عداها بسيطة .

وسمى التقويم المؤسس على هذه القاعدة التوقيم اليوليوسى نسبة الى يوليوس قيصر الذى أدخل فى عهده هذا النظام بناء على مشورة الفيلسوف المصرى « سوتوجينز »

تعيين وقت صلاة الظهر

وتطبيقاً للبادئ السالفة الذكر نضرب المثاليين الآتين :

١ - متى يحين وقت صلاة الظهر في مدينة القاهرة (خط طولها $31^{\circ}15'$) في يوم ٣٠ يناير ١٩٤٩ إذا كانت معادلة الزمن في ذلك اليوم + ١٣ دقيقة المضروب هنا هو تعيين الوقت الذى تكون فيه الشمس الحقيقية على خط زوال مدينة القاهرة .

ولما كانت القاهرة تبعد عن خط طول الأساس لهذه المنطقة 30° شرق جرينتش (شرقاً بدرجة وربع . ولما كانت الشمس ترفع الدرجة في ٤ دقائق

نجد أن الشمس الوسطى تعبر خط طول القاهرة قبل أن تعبر خط الأساس بخمس دقائق .

ولما كان وقت عبور الشمس الوسطى خط الأساس هو الساعة الثانية عشر عند سكان هذه المنطقة جميعا ومن بينهم أهل القاهرة ، نجد أن الشمس الوسطى سوف تعبر خط طول القاهرة الساعة الحادية عشر والدقيقة خمسة وخمسين ، وبما أن معادلة الزمن في هذا اليوم تساوى ١٣ دقيقة نستنتج أن الشمس الوسطى تعبر في هذا اليوم خط طول القاهرة قبل الحقيقة بمقدار ١٣ دقيقة .
 أى أن الشمس الحقيقية تعبر خط طول القاهرة في الساعة

$$11:55 + 13 = 12:08 \text{ وهو وقت الظهر المطلوب .}$$

متى يحين وقت صلاة الظهر في بلدة السلوم (خط طولها ١١°٢٥) في يوم ١٣ أكتوبر ١٩٤٩ إذا كانت معادلة الزمن في ذلك اليوم = ١٦ دقيقة في هذا المثال نجد أن بلدة السلوم تقع غرب خط الأساس بنحو ٧٥°٤٠ وبما أن الوقت عند أهل السلوم وغيرهم من سكان هذه المنطقة المحصورة بين ٢٢°٥٠ شرق جرينتش و ٣٧°٥٠ شرق جرينتش يكون الثانية عشر في اللحظة التي تكون فيها الشمس الوسطى على خط طول ٣٠° ، ولما كانت الشمس تقطع الدرجة الواحدة في أربع دقائق فإنها تستغرق في المسافة بين خطى ٣٠° و ٢٥°٢٥ (خط طول السلوم تقريبا) فترة من الزمن تساوى

$$4 \times 475 = 19 \text{ دقيقة}$$

لذا نجد أن الشمس الوسطى تكون على خط طول السلوم في الساعة ١٢:١٩ . ولما كانت معادلة الزمن في هذا اليوم تساوى ١٦ دقيقة

نجد أن الشمس الحقيقية في هذا اليوم تعبر خطوط الطول كلها ومن بينها خط طول الساعون قبل الشمس الوسطى بفترة تساوى ١٦ دقيقة . أى أن الشمس الحقيقية سوف تعبر خط الساعون في هذا اليوم في الساعة

ق س ق س ق س

١٢١٩ - ١٦ - ١٢٢٢ وهو وقت الظهر المطلوب

وتعرف قيمة معادلة الزمن في أى يوم « من الجداول الفلكية مثل ال Nautical Almanac وال American Ephemeris التى تصدر سنوياً . وهى تساوى صفر أربع مرات في السنة حوالى ١٤ أبريل و١٢ يونيه وآخر أغسطس و٢٥ ديسمبر وتبلغ أعلى قيمتها الموجبة + ١٤٥٠ دقيقة حوالى ١٢ فبراير وأدنى قيمتها السالبة - ١٦٢٢٠ دقيقة حوالى ٣ نوفمبر

التقويم المصرى القديم

سبق المصريون القدماء الأمم الأخرى في صناعة التقويم ، وقدروا بالدقة الفترة الزمنية التى تلزم الشمس لتتم مدارا كاملا بين النجوم ، وهى المعروفة بالسنة النجمية ، واتخذوها وحدة أساسية في قياس الزمن .

وقد استخدموا في تقدير طول السنة النجمية ظاهرة فلكية تعرف بالشروق الاحتراقى أو الحزونى للنجم اللامع المسمى الشعري اليمانية وهى رؤية هذا النجم قبيل شروق الشمس ، وكانت هذه الظاهرة تقع قبل فيضان النيل ، ولهذا اعتبروا هذا النجم رسولا سماوياً ينبئهم بموعد فيضان النهر المقدس وقد ابتكروا على هذا الأساس تقويماً محكماً لا يخضع لأهواء الحكام فقسموا السنة إلى ثلاثة فصول وهى فصل الفيضان وفصل البذر وفصل الحصاد . وجعلوا السنة في بادىء الأمر مكونة من اثني عشر شهراً كل منها ثلاثون يوماً ،

يضاف إليها في النهاية خمسة أيام تسمى أيام النسيء « جداولها أعياداً لأهلهم ».

وحاول بطليموس (يورجنز) عام ٢٣٨ ق . م إصلاح التقويم المصرى بجعل النسيء ستة أيام مرة كل أربعة سنين بدلاً من خمسة فلم يفلح ، وكان يوليوس قيصر أكثر ترفيقاً في هذا الأمر ، فأدخل بمساعدة الفلكى المصرى سوبوجينز نظام السكينية هذا عام ٤٦ ق . م ولو أن النظام القديم ظل مستعملاً إلى جانب النظام الجديد مدة من الزمن ثم بطل استعمال الأول . وبقى الثانى مستعملاً لأن . وهو المسمى بالتقويم الاسكندرى - فى السكينية القبطية والحباشية .

هذا بينما كان معاصروهم من الأمم الأخرى يتخبطون فى محاولات عقيمة وفاشلة لربط أوائل شهورهم المدنية بأوائل الشهور القمرية .

وكان المصريون القدماء يعلمون منذ بادىء الأمر أن سنتهم المدنية أقصر من السنة النجمية وطولها ٣٦٥٢٥ تقريباً ، ولذلك اعتمدوا فى ضبط التقويم على رصد ظاهرة الشروق الاحتراقى للشعرى اليمانية . ولما كان الفرق بين سنتهم المدنية والسنة النجمية يتكامل حتى يصير سنة كاملة فى كل ١٤٦٠ سنة وأنهم - كما ذكر المؤرخ « سنسورينوس » - قد رصدوا هذه الظاهرة فى أول السنة المصرية ١٣٩ بعد الميلاد . استنتجنا حدوث هذه الظاهرة فى سنى ١٣٢١ و ٢٨٧١ و ٤٣٤١ و ٥٧٠١ ق . م .

ولما كانت البيانات المنقوشة فى أهرام الأسرتين الخامسة والسادسة تدل على أن تقويم ال ٣٦٥ يوماً كان متبعاً فى ذلك الحين ، وأن هذه الأهرام كانت موجودة فى عام ٣٧٨١ ق . م . نجد أن التاريخ المصرى القديم كان مستعملاً منذ ذلك الحين أو قبل ذلك بفترة فى عام ٤٢٤١ ق . م . أو بفترتين فى عام ٥٨٠١ ق . م .

وقد أطلقوا على الشهور الاثني عشر أسماء بعض آلهتهم ، وما زالت مستعملة الآن في التقويم القبطي الذي هو في الواقع التقويم اليوليوسى . وهو أكثر التقاويم المستعملة في مصر ذيوعا بين الزراع . لأن المواسم الزراعية رُبعت عليه منذ أقدم المصور لا لأنه أضبط التقاويم كما يتوهم بعض الناس .

التقويم عند العرب قبل الاسلام

لم تزل معرفة نوع التقويم الذى كان مستعملا عند العرب قبل الإسلام حتى حجة الوداع التى أوصح النبى صلى الله عليه وسلم فيها التقويم من المسائل المعقدة نظراً لاختلاف الرواية فيها اختلافاً بيناً .

ومن المحقق أن العرب كانوا ينسئون الشهور ، ولكن طريقة النسئ عندهم ما كانت مجهولة ، وكل رواية عنها تحيطحها الشكوك وتنقصها الأسانيد مقوية حتى لتجد المؤرخ الواحد أكثر من رواية واحدة عن كيفية هذا النسئ . فقل إن العرب كانوا يحجون فى كل شهر عامين ، وقيل إن النسئ تأخير تحریم شهر . فقد كانت لديهم أربعة شهور محرمة وكان ذلك شريعة ثابتة عندهم من زمان ابراهيم واسماعيل عليهما السلام لا يجوز فيها غزو ولا قتال . فتذهب هذه الرواية إلى أنهم كانوا يستكثرون وقوع ثلاثة منها متتالية وهى ذى القعدة وذى الحجة والمحرم ، فكانوا يؤخرون المحرم مثلاً إلى صفر فيحرمونه ويستحلون المحرم . وقيل أيضاً أنه كان هناك رجل من بنى كنانة له مكانته السامية بينهم يأتى كل عام فى موسم الحج فيحدد موعد الحج التالى وينسئ السنين . واسمنا نعرف القاعدة التى كان يجرى عليها هو وأولاده وأحفاده من بعده . وليس أدل على مكانته منهم من أنهم كانوا يسمونه

(القاس) ومعناها البحر الزاخر أو الرجل الداهية ، ومن خطابه فيهم قوله
(أيها الناس أنى لا أعاب ولا أحاب ولا مرد لما أقول . إنا قد حررنا
المحرم وأخرنا صفر)

وقد ذكر فخر الدين الرازى أن هذا التأخير ما كان يختص بشهر واحد
بل كان ذلك حاصلًا في كل شهور السنة ، وهو أمر غريب ، إذ المعروف أن
الشهور المحرمة عندهم كانت أربعة فقط . وقال أنهم كانوا يجعلون بعض السنين
ثلاثة عشر شهرًا بسبب زيادة طول السنة الشمسية على القمرية وهكذا كان
يقع الحج في ذى الحجة في بعض السنين ثم في صفر وهكذا حتى يعود مرة
أخرى في ذى الحجة .

وقيل أيضًا إن العرب تعلموا السكبيسة من اليهود إلا أنهم خالفوهم في
بعض أعمالهم لأن اليهود كانوا يكبسون ١٩ سنة قمرية بسبعة شهور قمرية
حتى تصير ١٩ سنة شمسية ، أما العرب فكانوا يكبسون ٢٤ سنة قمرية باثني
عشر شهرًا قمرًا .

وروى أن أحد القلامسة أساء استخدام سلطته المطابقة في نسء الشهور
حينما رأى قاتل أبيه في موسم الحج وأراد أن يثار له فقييل له أن هذا من
الشهور الحرام قال نفسه «

ويبدو أن هذه الروايات جميعها ليس بينها رواية أجدر بالتصديق من
الأخرى ما لم تقم الأدلة التاريخية على صحتها ، ويظهر أن الرواة جميعًا تأثروا
بمدنية العصور التي عاشوا فيها فنسبوا إلى العرب السكبس المحكم الذي لا يمكن
أن يكون إلا في أمة بلغت من العلم مبلغًا عظيمًا . أما يهود جزيرة العرب فلم
يكن هناك اختلاف بينهم وبين العرب إلا في الداية .

التقويم الهجري

وعلى كل حال فليس أدل على فساد نظام التقويم الذي كان معمولاً به عند العرب قبل الإسلام من دعوة النبي صلى الله عليه وسلم المسلمين كافة إلى نبذ هذه . وبعد حجة الوداع عدل عنه نهائياً وحرّمه الإسلام (إنما النسيء زيادة في الكفر يضل به الذين كفروا يحلونه عاماً ويحرمونه عاماً ليواطئوا عدة ما حرم الله فيحلوا ما حرم الله) واتخذ الشهر القمري وحدة أساسية في حساب الزمن عند المسلمين (إن عدة الشهور عند الله اثني عشر شهراً في كتاب الله يوم خلق الله السموات والأرض منها أربعة حرم ذلك الدين القيم فلا تظلموا فيهن أنفسكم) ومن ثم لم تعد بالمسلمين حاجة إلى كبس الشهور القمرية كما يقع موسم الحج في فصول فلسفية معينة كما قيل بأن هذا كان رائد العرب في نظام النسيء . ذلك لأن الإسلام قد فرض على الناس جميعاً والحج فريضة على كل مسلم والفصول الفلسفية تختلف باختلاف البقاع .

ولقد اتخذ أمير المؤمنين عمر بن الخطاب هجرة النبي صلى الله عليه وسلم إلى المدينة مبدأً للتقويم الإسلامي يؤرخ منه باعتبارها أهم الحوادث التاريخية في التمسك بالإسلام في جزيرة العرب أولاً وفي مشارق الأرض ومغاربها بعد ذلك .

ولما لم يكن بين العرب من الفلاسفة من يستطيع حساب أوائل الشهور القمرية مستقبلاً حساباً دقيقاً ، ونظراً لأنهم كانوا أهل بدو ولصعوبة نقل الأخبار في أنحاء الجزيرة فقد اعتمد في تحديد أوائل الشهور لرؤية العين بتبينها كل بدوي لنفسه (صوموا لرؤيته وأفطروا لرؤيته) .

ولم تزل هذه الطريقة القاعدة الأساسية في تحديد أوائل الشهور الهجرية ذات الأهمية الخاصة على سبيل التقليد رغم تقدم الدراسات الفلسفية الآن تقدماً كبيراً يمكن معه حساب ظروف رؤية القمر لشهور مستقبله بدقة فائقة.

ومما هو جدير بالملاحظة أن ظروف رؤية القمر في أوائل الشهور القمرية تختلف باختلاف المكان من سطح الأرض ، وهو ما يبرهن عنه باختلاف المطالع ، فهي تتوقف على عاملين رئيسيين الأول خط عرض المكان والثاني ميل القمر عند مولده . والعامل الثاني يختلف من شهر إلى شهر . وهكذا قد يثبت أول الشهر بالحساب والرؤية في مكان ما ولا يثبت لا بالحساب ولا بالرؤية في مكان آخر ، مما يجعل أول الشهر مختلفاً في الأقطار المختلفة . هذا فضلاً عن أن ظروف الرؤية من حيث حالة الجو في مكان ما على كوكب الشهور غير ثابتة حتى يمكن التفكير في فرض هذه الظروف على جميع الأقطار الأخرى .

ولما كان بقاء هذه الحالة لا يتفق مع روح العصر الذي نعيش فيه وجب علينا من الآن أن نفكر في استنباط نظام علمي دقيق لتحديد أوائل الشهور القمرية وتوحيد مبدأ الشهور في جميع الممالك الإسلامية أما بفرض ابتداء الشهور عندما يثبت أن القمر يغيب بعد مغيب الشمس في أية نقطة من سطح الأرض بزمان ما هما كان صغيراً أو باتخاذ مكة - قبلة المسلمين في جميع أنحاء الأرض - مكاناً أساسياً في عمل الحساب لتحديد أوائل الشهور وفرض ظروف الرؤية فيها على جميع الأقطار . ولأننا هنا نفترض حلاً معيناً وإنما ننوه بأهمية هذه المسألة .

السكبيسة في حساب التقويم الهجرى

يختلف الشهر القمري طولاً على كل الشهور السكبر باختلاف المركزى لمداره البيضى وتغير شكل المدار نتيجة لجاذبية السيارات. وقد يبلغ الاختلاف السكلى أطوله الحقيقى عن طول المتوسط نحو ١٣ ساعة .

ومتوسط طول الشهر القمري ٢٩٥٣٠٥٩ يوم أو السنة القمرية ٣٥٤ ر ٣٩٧٧ يوم ما وهى المسكونة من اثني عشر شهراً قرياً . ولقد وجد أن هذا السكبر من اليوم يتكامل حتى يصير ١٢٠٤ ر ١١٠ يوم فى كل ثلاثين سنة . ولذلك اتفق علماء الميقات على اقتباس نظام السكبيسة فى ضبط التقويم الهجرى، واصطلحوا على جعل السنين ٢، ٥، ٧، ٩، ١٢، ١٥، ١٨، ٢١، ٢٤، ٢٦، ٢٩ كسبسة أى مكونة من ٣٥٥ يوماً وما عداها بسيطة أى ٣٥٤ يوماً وذلك فى كل دورة من ثلاثين سنة منذ هجرة الرسول عليه السلام . كما اتفقوا على أن تكون الشهور الفردية كمحرم وربيع أول مكونة من ثلاثين يوماً ، والشهور الزوجية مثل صفر وربيع الآخر تسعة وعشرين يوماً . أما شهر ذى الحجة فيكون تارة ٢٩ يوماً إذا كانت السنة بسيطة وأخرى ٣٠ يوماً إذا كانت السنة كسبية .

التقويم الهجرى بجورى

ذكرنا آنفاً أن المصير بين القدماء كانوا أسبق الأمم فى استنباط نظام علمى محكم للتقويم، وأنهم قاسوا السنة النجمية وطولها نحو ٣٦٥ ر ٣٦٥ يوم ما، ثم ابتكروا على أساسها نظام السنة المدنية المسكونة فى بادىء الأمر من ٣٦٥ يوماً ثم ابتكروا نظام السكبيسة فجعلوا السنة ستة أيام بدلاً من خمسة فى كل دورة من أربع سنين مما يجعل متوسط طول السنة المدنية ٣٦٥ ر ٣٦٥ يوم ما .

ولما كان تعاقب الفصول وبالتالى ضبط المواسم الزراعية مرتبطا بمواقع الشمس فى السماء على مرور الأيام أثناء السنة وجب أن يراعى فى عمل التقاويم أن يكون اتجاه الشمس فى أى يوم هو بعينه فى نفس اليوم من السنين التالية على مر الأجيال . ولهذا فإن السنة الشمسية هى أصلح وحدة فلكية لهذا الغرض ولما كان طولها يساوى ٣٦٥٢٤٢٢١٦ يوما نجد أنها تقل عن متوسط السنة المدنية التى اتخذها المصريون القدماء بمقدار ٠,٧٧٨٤ يوما ومع أن هذا الفرق يبدو لأول وهلة ضئيلا إلا أنه يتكامل على تعاقب السنين فيصير ثلاثة أيام كل ٤٠٠ سنة .

ولقد قام البابا جريجورى الثالث عشر بإصلاح التقويم اليوليوسى الذى كان مستعملا حتى ذلك الحين بحذف هذه الثلاثة الأيام من عداد التقويم المدنى وقد كانت الطريقة فى تعيين السنين الكبيسة هى التى أعدادها تقبل القسمة على ٤ مثل ١٨٩٢ ، ١٨٩٦ . وقد اقترح لحذف هذه الثلاثة الأيام أن يحذف من الكبيسة كل السنين القرنية التى لا تقبل أعدادها القسمة على ٤٠٠ فسنة ١٩٠٠ التى كانت تعتبر فى التقويم اليوليوسى سنة كبيسة أصبحت فى التقويم الجريجورى سنة بسيطة أما سنة ٢٠٠٠ فتظل كبيسة على حالها فى النظامين . وهكذا نجد أنه فى كل ٤٠٠ سنة فى النظام الجديد ٩٧ سنة كبيسة بدلا من ١٠٠ فى النظام اليوليوسى .

ولضبط التاريخ أمر البابا جريجورى الثالث عشر بحذف عشرة أيام الزائدة فى عداد التقويم المدنى والتى نشأت من السير على أساس التقويم اليوليوسى منذ مجمع نيقية عام ٣٢٥ ميلادية فأسمى اليوم الخامس من أكتوبر

١٥٨٢ اليوم الخامس عشر منه . وهكذا عاد الاعتدال الربيعي إلى ٢١ مارس كما كان أثناء المجمع النقوى بعد أن كان قد تحول إلى ١١ مارس سنة ١٥٨٢ وأدخل هذا النظام في ممالك الكاثوليك في هذه السنة ، وبعد ذلك في إنجلترا عام ١٧٥٢ . ومن الواضح أن التقويم الجريجورى هو نفس التقويم اليوليوسى ما عدا جعل السنين القرنية بسيطة ما لم تقبل القسمة على ٤٠٠ وشهوره : يناير فبراير الخ .

التاريخ القبطى

يبدأ الأقباط تاريخهم بعيد الشهداء المسيحيين الموافق ٢٩ أغسطس سنة ٢٨٤ ميلادية . وسنتهم المدنية ٢٦٥ يومًا وربع وفق النظام اليوليوسى وشهوره : توت - بابيه هاتور النخ . ولم يحاولوا الآن إصلاح تقويمهم وفق النظام الجريجورى مما سينترب عليه على مرور الأجيال الطويلة انتقال بداية سنتهم بين الفصول الفلكية . ومع أنه انتقال بطيء إلا أنه ليس ثمة ما يبرر بقاءه يتزايد .

والأستاذ نجيب بوليس رسالة قيمة في هذا الموضوع أوضح بها أن عيد الميلاد القبطى الذى يقع فى ٢٩ كيهك الموافق حالياً ٧ يناير سوف يأتى فى الربيع بدل الشتاء بعد نحو خمسة آلاف سنة ويكون تاريخه ١٥ فبراير وقد نشأ عن عدم مسايرة الأقباط للنظم الحديثة أن الاعتدال الربيعى الذى كان يوافق ٢٥ برمات فى سنة ١ قبطية يحدث الآن فى ١٢ برمات .

ويجعل علماء الميقات فى كل ٢٨ سنة قبطية ، سبع سنين كبائس وهى :

الثالثة والسابعة والحادية عشر والخامسة عشر والتاسعة عشر والثالثة والعشرون والسابعة والعشرون . والتاريخ القبطى سابق على الهجرى بأيام عدتها ١٣٣٤٠٩ يوما .

الدورة الميثونية

عدا التقاويم السالفة الذكر توجد تقاويم ذات صبغة علمية بحثة ولكنها ذات فائدة فى حساب المواسم والأعياد . من هذه الدورة الميثونية التى اكتشفها ميتون عام ٤٣٣ ق ، والتى كان يستخدمها اليونانيون فى تعيين أعيادهم الدينية التى ترتبط بعمر القمر أثناء الشهر القمري .

لاحظ ميتون أن ١٩ سنة شمسية يحتوى على ٦٩٢٩٦٠٢ يوما ، كما أن ٢٣٥ شهراً قمرياً كل منها ٢٩٥٣٠٥٩ يحتوى على ٦٩٢٩٦٨٩ يوماً . ولهذا تتكرر أوجه القمر فى نفس الأيام من السنة بعد فترة من الزمن تساوى ١٩ سنة مع اختلاف يسير لا يتجاوز الساعتين .

فلو عينا الأيام من السنة التى يكون فيها القمر بدراً خلال دورة كهذه عرفنا الأيام التى سيكون فيها القمر بدراً فى الدورة التالية . وقد نقشت فى ذلك الحين هذه التواريخ بحروف ذهبية على النصب التاريخية . ولهذا أطلق اليونانيون على الأرقام الدالة على ترتيب السنة فى دورتها القمرية « الأعداد الذهبية » ، وقد عنوا بحفظها لأن السنين التى تكون أرقامها الذهبية واحدة تظهر الآلهة فيها فى مواقيت واحدة ، ومن البديهي أن تعيين أول سنة فى الدورة الميثونية مسألة اختيارية . والدورة المستعملة حالياً هى التى تبدأ بسنة ١ م ق و . لذلك ، لمعرفة العدد الذهبى لسنة ما يضاف ١ إلى العدد المبين لها ويقسم

المجموع على ١٩ فالباقي هو العدد الذهبي . فإذا كان الباقي صفراً يعتبر العدد الذهبي لهذه السنة ١٩ .

التاريخ اليوليوسى

هناك أيضا التاريخ اليوليوسى الذى اقترحه Scaliger عام ١٥٨٢ . ويتكون من دورة زمنية طولها ٧٩٨٠ سنة يوليوسية ، كل منها ٣٦٥ و ٣٦٦ يوما . ومبدؤه أول يناير عام ٧١٢ ق.م ويحدد تاريخ أى ظاهرة بعدد الأيام التى انقضت منذ هذا التاريخ . ويعرف من الجداول الفلكية السنة اليوليوسية واليوم المقابل ليوم أول يناير من أى سنة فى العهد المسيحى . فمثلا ظهر يوم أول يناير عام ١٩٢٠ يكون قد انقضى ٢٢٢٣٢٥ و ٢٢٢٤ يوما .

تعيين عيد الفصح عيد الغريين

وضعت قواعد كثيرة لتعيين اليوم الذى يقع فيه هذا العيد فى أى سنة . والقاعدة الأساسية : هو أن هذا العيد يقع فى أول يوم أحد بعد البدر الذى يقع عند أو بعد الاعتدال الربيعى . ولحسابه يتبع ما يأتى :

- (١) يقسم عدد السنة على ١٩ ولنفرض أن الباقي هو
- (٢) يقسم عدد السنة على ١٠٠ ولنفرض الخارج ب والباقي ح
- (٣) يقسم ب على ٤ ولنفرض أن الخارج د والباقي هـ
- (٤) يقسم (ب + ٨) على ٢٥ ولنفرض هو ف
- (٥) يقسم (ب - ف + ١) على ٣٠ ولنفرض الباقي هـ

- ٦) يقسم (١٩ + ب - ع - د - ح + ١٥) على ٣٠ ونفرض الباقي هـ .
 ٧) يقسم (ح على ٤ ونفرض الناتج والباقي ك
 ٨) يقسم (٣٢ + ٢ ي + ٢ و - هـ - ك) على ٧ ونفرض الباقي ل
 ٩) يقسم (١ + ١١ هـ + ٢٢ ل) على ٤٥١ ونفرض الخارج م
 ١٠) يقسم (هـ + ل - ٧ م + ١١٤) على ٣١ ونفرض الخارج ن
 والباقي ح .

ينتج من هذا أن ن هو الشهر من السنة الذي يقع فيه عيد الفصح
 ح + ١ اليوم من الشهر .

شم النسيم

هو عيد قومي يحتفل به المصريون كافة منذ أقدم العصور في التاريخ .
 ويقع في أوائل فصل الربيع حيث تبدأ رياح الخماسين الهوجاء . ويحدد
 باعتبار أنه اليوم التالي لعيد القيامة ، ولما كان هذا الأخير يتبع في تحديده
 دورة القمر نجد أن شم النسيم ينتقل خلال شهر ابريل وأول شهر مايو من
 كل عام ويرى البعض أن بدأ الخليقة كان في الربيع . وإن خروج بني اسرائيل
 من مصر كان ليلة ١٤ نيسان العبري حيث كان القمر بدرا ، وأن بشارة مريم
 العذراء بعيسى عليه السلام كان في ذلك الوقت ، وأنه كان مبدأ السنة المصرية
 القديمة . فلما اعتنق المصريون المسيحية وجدوه يقع في وسط الصيام فأخروه
 إلى ثاني يوم عيد الفصح . أما المسيح عليه السلام فقد روى المؤرخون
 أن حادث الصلب كان في يوم الجمعة الموافق ١٥ نيسان العبري الموافق

حينئذ ٢٩ برمهات . وأن قيامة المسيح كانت في يوم الأحد التالي مباشرة .
وهناك اعتبارات دينية وملايسات تاريخية مختلفة في تعيين تاريخ هذا
اليوم -- شم النسيم -- يضيق المقام هنا عن شرحها والأستاذ محمد بك كامل
شاكر رسالة قيمة فيه ، يحسن لمن أراد الاستزادة الرجوع إليها . وسنكتفي
هنا بشرح إحدى طرق تعيينه وهي كما يأتي :

١ - يطرح من السنة الميلادية العدد ٢٨٤ لتعين السنة القبطية المقابلة
لأن التقويم القبطي يبدأ في عاش ٢٨٤ ميلادية .

٢ - يعين العدد الذهبي للسنة القبطية وذلك بطرح واحد منها ثم قسمة
الباقى على ١٩ . فباقي القسمة ولنفرض أنه د هو العدد الذهبي . وذلك لأن
سنة ١ للشهداء كان ترتيبها ١٩ من الدورة المبتوتية .

٣ - نضرب العدد الذهبي في ١١ وهو الفرق بين طولى السنة القبطية
والقمرية ثم نقسم حاصل الضرب على ٢٠ فالباقي هو ما يعرف بأبسط
القمر ولنرمز له بالحرف ع . وهذا يوصلنا لمعرفة عمر القمر في مبدأ السنة
القبطية فلو فرضنا أن العدد الذهبي هو ٩ فإن ع تساوى ٩ وهو عمر القمر في
مبدأ السنة القبطية .

أبسط القمر يوصلنا إلى معرفه عمر القمر في مبدأ السنين القبطية ومن ثم
تقدير عدد الأيام من الشهر القبطي التي يكون في نهايتها ذبح الخروف
ذبح الخروف هي أيام البدور أو أيام ١٤ من الشهر العربي التالي للشهر الذي
يبتدىء وفيه شهر برمهات القبطي .

٤ - إذا كانت ع أكبر من ١٠ نطرح من ٤٠ وإذا كانت أقل من ١٠ نطرح من ١٠ وذلك لأن عمر القمر x تاريخ ذبح الخروف = ٤٠ . فإذا كان باقى الطرح أقل من ٢٥ فهو عدد الأيام التى تمضى من برمودة ونهايتها فصبح اليهود . وإذا كان باقى الطرح بين ٢٥ ، ٣٠ فهو عدد الأيام التى تمضى من برمهات ويكون فى نهايتها فصبح اليهود .

مثال لتعين شم النسيم عام ١٩٤٩

$$١ - ١٩٤٩ - ٢٨٤ = ١٦٦٥$$

$$٢ - \frac{١ - ١٦٦٥}{١٩} = ٨٧ \text{ والباقي } ١١$$

$$٣ - \frac{١١ \times ١١}{٣٠} = ٤ \text{ والباقي } ١$$

ع أقل من ١٠

∴ ١٠ - ١ = ٩ برمودة = فصبح اليهود .

∴ أول برمودة هذا العام هو يوم سبت . ∴ ٩ برمودة يوم أحد

∴ عيد القيامة هو يوم ١٦ برمودة وشم النسيم يوم ١٧ برمودة الموافق

٢٥ أبريل .

الباب السادس

النجوم

الكوكبات النجومية -- أقدار النجوم -- بعد النجوم -- الحركات
الذاتية للنجوم -- النجوم المزدوجة والثلاثية والمركبة -- النجوم
المتغيرة -- النجوم الجديدة -- النظام المجرى -- المجموع النجومية

الكواكب النجومية

قسمنا الاجرام ثلاثة أقسام هى النظام الشمسى والنجوم والسدائم وقد
تكلمنا عن الأولى . أما النجوم فشمس وشمسنا نجم متوسط . ولقد قسم
القدامى النجوم التى ترى على سطح فيه السماء إلى مجموعات كثيرة ، ووضعوا
لكل مجموعة رسماً يمثل صورة إنسان أو حيوان ، وأسماوا هذه المجموعات
بأسماء مختلفة . وأطلق اليونانيون على هذه المجموعات أسماء أبطال قصصهم
الخرافية الشهيرة ، واسموا كل نجم منها باسم العضو الذى يقع عليه من الصورة
ليتسنى لهم الاستدلال عاينها فى السماء بسهولة .

ولقد اسما بطليموس فى كتابه المجسطى ثمانية وأربعين مجموعة رئيسية

وعندما حمل العرب أواء المدنية ونقلوا علوم اليونانيين استعربوا أسماء بعض هذه المجموعات من اليونانية وكان لبعض الأسماء عربية بكتة . أما النجوم الخارجة عن الأشكال المصورة للمجموعات فكانت تسمى عندهم بالنجوم الخارجة أو الغير المشكلة .

ولما تقدمت الملاحة البحرية في نصف الكرة الجنوبي زاد عدد النجوم عما كان يعرفه القدامى فأضاف الفلكيون مجموعات أخرى جديدة . ويطلق على المجموعات النجومية هذه (الكوكبات) . وبلغ عددها حتى الآن تسعة وثمانين منها ثمانية وعشرون في نصف الكرة الشمالي واثنى عشر حوالى الدائرة الكسوفية وهى الكوكبات البروجية والباقي وقدره تسعة وأربعون في نصف الكرة الجنوبي وهى :

الكوكبات الشمالية : المرأة المسلسلة . العقرات . ممسك الأعنة . العواء الزرافة . ذات الكرسي . قيفاوس . شجر برنية . الأكليل الشالى . الفرس الأعظم . برشاوش . السهم . كلاب الصيد . الدجاجة . الدلفين . الفرس الأصغر . الجاثى . الورل . الأسد الصغير . الفهد . السلياق . الحواء . الحية . المثلث . الدب الأكبر . الدب الأصغر . الثعلب .

الكوكبات البروجية . الجمل . الثور . الجوزاء . السرطان . الأسد . النبله . الميزان . العقوب . القومس . الجدى . الدلو . الخوت .

الكوكبات الجنوبية : الآلة المفرغة . طائر الجنة . المجرمة . السفينة . قلم النحات . الكلب الأكبر . الكلب الأصغر . القرنية . قنطورس . قيطس .

الحرباء . الأكليل الجنوني . الغراب . الباطية . الصليب الجنوني . التنين .
النهر . الفهرات . الكيماوى . الكركى . الساعة ذات البندول . الشجاع .
الهندي . الأسد . الأرنب . السبع . الصاري . الجبل المائدى . الميكروسكوب
وحيد القرن . النحلة . المربع . الثمن . الجار . الدلاوروس . العنقاء . كرسى
المعصرون . الحوت الجنوني . الكوثل . البرصطة البحرية . الشبكة . معمل
الذخات . الدرع . السدس . المنظار . المثلث الجانوى . التوكان . التسلاع .
الساك الطيار .

وبما عدا ذلك كانت المسميات من معرفة تسارع تسمية الصور
بأسمائها المألوفة الآن بالتحديد . ومن الواضح أن الكثير منها يرجع في
تسميته إلى ما قبل الميلاد بنحو ألف سنة .

وحيث بالملاحظة أن هذه المجموعات من النجوم لا تمثل أشكالها في
السماء على صور الأشياء المسماة باسمائها اللبم إلا في مخيلة أول من سموها .
فالسمية نجوم البئسبة في كوكبة الدب الأكبر مثلا ، والتي تكون الهيكل
الرئيسى لصورة دب يمكننا مع قليل من العناء أن نكون منها صورة حيوان
آخر كالكلب أو الأسد مثلا . هذا فضلا عن أنه يوجد في مجموعتى الدبين
ثلاثة نجوم تمثل ذنبا طويلا لكل منهما مع أن المعروف أن الدب ليس له
ذناب . وكذلك يمكن توجيه انتقادات مختلفة في تسمية الكوكبات الأخرى

ويلاحظ أيضا أنه بها بلغ عدد الصور فلا بد أن يبقى الكثير من
النجوم خارج كل صورة ، ولذلك اتفق الفلكيون على حفظ أسماء الصور

بصرف النظر عن أشكالها ، ولكنهم وضعوا لها حدودا في الأطالس
المنجزة ، وهذه الحدود عبارة عن أقواس من دوائر المطامع المستقيم
وهي ثابتات لدوائر الميل كما يعمل في تحديد الممالك ، وبهذه الوسيلة لا تبقى هناك
شكوك متعارضة الصور .

وهذا اختراع المنظار زاد عدد ما يعرف من النجوم ازديادا كبيرا ولم
يعد يكتب تسمية كل نجم باسم المصغر الذي يقع عليه من الصورة لحصرها
جميعا . لذلك اتفق على حفظ الأسماء القديمة التي عرفت بها بعض النجوم
التي كانت أيضا الأخرى فيرمز إليها بحرف من حروف الهجاء اليونانية على
حسب ترتيب درجتها لمعانها ، وما تبقى بعد ذلك يرمز إليه بحرف من حروف
الهجاء الرومانية على حسب ترتيب درجتها لمعانها أيضا . فإن تبقى بعد ذلك
شيء من الألفاظ بالأرقام العددية

فالنجم (١) من كوكبة الحمل هو ألمع نجومها ، ويليه (ب) وهكذا
حتى نهاية الأربع وعشرين حرفاً . ثم يبدأ بأول حرف من الحروف اليونانية
وهكذا إلى نهايتها ، ثم تتبعها النجوم مرموزاً لها بالأرقام ١ ، ٢ ،

والجداول الآن يشتمل على اسماء المذبح النجوم في مدى رؤيته العين
المجردة ومواقعها في السماء وبعد كل منها بالسنتين الضوئية .

النجوم الالاممة

اسم النجم	السكروبة	المطلع المستقيم المتوسط	الميل المتوسط	البعد بالسنين الضوئية
		دقيقة ساعة	°	
الشعري اليمانية	أ الكلب الأكبر	٤٣ ٦	٢٨ ١٦ -	٨٠٦
سمهيل	أ السفينة	٢٣ ٦	٤٠ ٥٢ -	٦٥٠
رجل قنطورس	أ قنطورس	٣٦ ٠٤	٢٧ ٦٠ -	٤٠٣
السمك الراح	أ العواء	١٣ ١٤	٢٨ ١٩ +	٤١
العيوق	أ ممسك الأعنة	١٣ ٥	٥٧ ٤٥ +	٤٧
النسر الواقع	أ السلياق	٣٦ ١٨	٤٤ ٢٨ +	٢٦
رجل الجبار	ب الجبار	١٢ ٥	١٦ ٨ -	٥٤٠
أنشعري الشامية	أ الكلب الأصغر	٣٦ ٧	٢٢ ٥ +	١٠٠٥
منكب الجوزاء	أ الجبار	٥٢ ٥	٢٤ ٧ +	١٩٠
آخر النمر	أ النهر	٢٥ ١	٣١ ٥٧ -	٦٦
الدبران	أ الثور	٣٣ ٤	٢٤ ١٦ +	٥٧
ب قنطورس	ب قنطورس	٠٠ ١٤	٠٦ ٦٠ -	٣٠٠
أ الصليب الجنوبي	أ الصليب الجنوبي	٢٤ ١٢	٤٨ ٦٢ -	٢٣٠
قلب العقرب	أ العقرب	٢٦ ١٦	١٩ ٢٦ -	٣٨٠
السمك الأعزل	أ السيلة	٢٢ ١٣	٥٢ ١٠ -	٢٣٠
فم الحوت	أ الحوت الجنوبي	٥٥ ٢٢	٥٥ ٢٩ -	٢٤
قلب الأسد	أ الأسد	٠٥ ١٠	١٤ ١٢ +	٥٦
الردف	أ الدجاجة	٤٠ ٢٠	٠٥ ٤٥ +	٦٠٠
النسر الطائر	أ العقاب	٤٨ ١٩	٤٣ ٨ +	٩٦

ونظرا لأن الكوكبات لم تزل تعرف بأسمائها اليونانية القديمة في جميع
ولفات الفلك الحديثه رغم اختلاف اللغات رأينا من الضروري أن
نأتي هنا بأسمائها التي كانت معروفة بها لدى العرب ونظيراتها في اليونانية ليسهل
على القارىء معرفتها في المراجع الحديثه في اللغات الأخرى يجردها القارىء في
جدول المراتفات الفلكية الذي أفردنا له الباب الثانى عشر ، وقد رمزنا إليها
والى الكوكبات بالعلامة ×

علامات البروج

قلنا في موضع آخر أن نقطة الاعتدال الربيعى اتخذت مبدأ لقياس
المطالع المستقيمة للأجرام السماوية. ولقد قسمت الدائرة السكسوفية إلى اثنى
عشر جزءا طول كل منها ٣٠° ، سمى كل منها باسم البرج الذى يقع فيها
ونظرا لتقهقر الاعتدالين فان هذه الأجزاء لم تعد تنطبق على الكوكبات
النجومية التى سميت بأسمائها منذ القدم (البروج) فقد تقهقرت نقطة الاعتدال
الربيعى منذ ذلك الحين من برج الحمل إلى برج الحوت ونقطة الاعتدال الخريفى
من برج الميزان إلى برج السنبلة .

من أجل هذا استعملت كلمة (علامة برج) للدلالة على الأقسام السداسية
الذكر من الدائرة السكسوفية ، لا على البروج نفسها. والجدول الآتى يبين أسمائها
والرموز الفلكية المستعملة للدلة عليها وأوقات دخول الشمس في كل منها
على وجه التقريب .

ويبلغ عرض منطقة البروج حوالي ٨ درجات على كل من جانبي الدائرة
الكسوفية وفي هذا النطاق من سطح الكرة السماوية تتحرك الشمس والقمر
ومعظم الكواكب السيارة ، ومن هذه الناحية كانت لهذه البروج أهمية
في الدراسات الفلكية القديمة

علامات البروج	الرموز الفلكية	أوقات دخول الشمس فيها بالمقرب
الحمل	♈	٢١ مارس
الثور	♉	٢٠ أبريل
الجوزاء	♊	٢١ مايو
السرطان	♋	٢٢ يونيو
الأسد	♌	٢٣ يوليو
السنبلة	♍	٢٣ أغسطس
الميزان	♎	٢٣ سبتمبر
العقرب	♏	٢٤ أكتوبر
القوس	♐	٢٢ نوفمبر
الجدي	♑	٢٢ ديسمبر
الدلو	♒	٢٠ يناير
الحوت	♓	١٩ فبراير

منازل القمر

لاحظ القدماء منذ أقدم العصور تحرك القمر بين النجوم الثابتة أثناء
أشهر القمرى ، وعرفوا النجوم التي يمر قريبا منها في كل يوم من أيام رحلته

الشهرية. وقسموا هذه المنطقة من سطح الكرة السماوية إلى ٢٨ قسماً متساوية سماها العرب « منازل القمر » اتخذوها في بعض الأحيان خط القياس في تعيين مواقع الكواكب السيارة والنجوم الأخرى في السماء . واستدلوا من شروقها عند شروق الشمس على أحوال الطقس . ولقد دلت الوثائق التاريخية على أن منازل القمر كانت معروفة عند الصينيين منذ أجيال عديدة قبل مولد المسيح .

ويمكن القارئ الاستدلال على النجوم التي تدل عليها من الرسالة رقم ٣٩ من رسائل مرصد حلوان العلمية . ومنازل القمر كما كانت معروفة عند العرب هي : الشرطان والبطين والثرىا والدبران والحقعة والمنعمسة والذراع المبسوطة والنثرة والضرف وجبهة الأسد والزبرة والصرفة والعواء والسمك الأعزل والغفر والزبانن والأكيل وقلب العقرب والشولة والنوصل والبلمدة وسعد ذابح وسعد باع وسعد السعود وسعد الأخبية والفرغ الأول والفرغ الثاني والرشا .

أقدار النجوم

وتنقسم النجوم من حيث تفاوتها في قوة اللهبان إلى أقسام تسمى « أقدار » ولقد قسم هباركس وبطليموس النجوم التي يمكن رؤيتها بالعين المجردة إلى ستة أقدار فأكثرها ضياء يعد من المقدر الأول والذي يليه من المقدر الثاني وهكذا .

وما زال هذا المقياس مستعملاً حتى الآن : ولقد اكتشف السير جون

هرشل عام ١٨٢٧ عند مقارنته النجوم المختلفة الأقدار أن النجم الذى من القدر الأول يشع من الضوء ما يعادل مائة مرة نجم من القدر السادس. ووجد بوجسون عام ١٨٥٤ أن قوة الاضاءة لنجم من القدر الأول تعادل مرتين ونصف قوة اضاءة نجم من القدر الثانى، وهذه الأخيرة تعادل مرتين ونصف قوة اضاءة نجم من القدر الثالث وهكذا. أى أن قوة الاضاءة لنجم من القدر الأول تعادل $2 \times 2.5 = 5$ قوة اضاءة نجم من القدر الثالث. والواقع أن هذه النتيجة تتفق مع ما اكتشفه هرشل قبل ذلك الى حد كبير فلو كانت أقدار النجوم تتفاوت عن بعضها بفروق متساوية، وأن قوة اضاءة نجم من القدر الأول تعادل مائة مرة قوة اضاءة نجم من القدر السادس نجد أن كل نجم يزيد عما يليه اضاءة بمقدار 2.5^{12} . ومن ذلك يتضح أن

$$\text{قوة اضاءة نجم من القدر } n = \frac{2.5^{12}}{2.5^{n-1}} \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

ولا تبدل هذه الاقدار إلا على درجات النجوم الظاهرية فبحسب فالنجم الذى من القدر الخامس قد يكون صغيرا بالفعل ولكنه قريب من النظام الشمسى وقد يكون كبيرا ولكنه بعيد عنه وقد يكون ثمة نجمين متساويين فى الحجم ولكنهما يختلفان من حيث قوة الاضاءة بسبب اختلاف بعدهما عن النظام الشمسى أو درجة حرارتهما. والجدول الآتى يشتمل على نجوم مختلفة جميعها من القدر الأول ولكنها تختلف عن بعضها اختلافا كبيرا فى كمية الضوء الحقيقية التى تشعها كل منها

النجم	كمية الضوء	النجم	كمية الضوء
الشعرى اليمانية	١٠٠٠	النسر الطائر	٤٥٠
النسر الواقع	٦١٧	الشعرى الشامية	٤٤٥

أقدار النجوم الفوتوغرافية

ولقد كان لاستخدام الفوتوغرافيا في أخذ الأرصاد الفلكية فوائد عظيمة إذ أمكن بواسطتها الاقتصار الكبير في الوقت، وفضلا عن ذلك فقد أتيت بواسطتها رصد النجوم ذوات الأقدار العالية إلا بعدد من مدى رؤية العين المجردة، ولهذا صار من الضروري دراسة خاصية التسجيل الفوتوغرافي دراسة وافية لتعيين قوة أعضاء النجوم التي تسجلها الألواح الفوتوغرافية، وسوف نقصر كلامنا هنا عن التسجيل الفوتوغرافي على ما يتصل بتعيين أقدار النجوم

ومن البديهي أن النجوم المختلفة الاقذار تكون صوراً على الألواح الفوتوغرافية ذوات أحجام مختلفة، فالنجم الأملح نسبياً تكون صورته الفوتوغرافية أكبر من النجم الأقل لمعاناً. ومن ناحية أخرى فقد وجد أن الألواح الفوتوغرافية أكثر تأثراً بالألوان الأقرب إلى ناحية الأزرق من المقياس الطيفي منها إلى الألوان الحمراء أو القرمزية من الحمراء ولهذا يستعمل الضوء الأحمر في المعامل الفوتوغرافية أثناء عمليات التحميض لأنه أقلها تأثيراً في الألواح والأوراق الفوتوغرافية فلا يخشى عايتها منه، من أجل ذلك نجد أنه لو كان هناك نجمان متساويان في القدر البصري أحدهما أزرق والآخر أحمر فإن صورتيهما على اللوحة الفوتوغرافية تكونان مختلفتين ويبدو الأول أكبر من الثاني، ومن ثم يظن بأنه أملح منه ضياءً وتسمى الأقدار المستنبطه من أرصاد فوتوغرافية « الأقدار الفوتوغرافية »،

ومن الواضح ان الفرق بين القدر الفوتوغرافي والقدر البصري للنجم

ما كمية ثابتة تدل على لون النجم وتعرف بمعامل اللون (Colour Index)

معامل اللون = القدر الفوتوغرافي - القدر البصري .

أما نقطة الصففر على المقياس الفوتوغرافي فقد اتفق على أن تكون بحيث يكون القدر الفوتوغرافي لنجم من القدر السادس ومن المرتبة (١) صففر حسب تصنيف مرصد هارفارد مساويا لقدره البصري

والعلاقة التي بين الأقدار الفوتوغرافية هي بعينها التي بين الأقدار البصرية المذكورة آنفا

وقد وجد في السنين الأخيرة أنه باستعمال ألواح فوتوغرافية أيسو كروماتيكية Isochromatic ومعها مرشح ضوئي أصفر فإن الأقدار كما تسجلها الألواح تساوى تقريبا أقدارها البصرية . وتسمى الأقدار التي تعين بهذه الطريقة الأقدار الفوتوغرافية البصرية .

عدد نجوم الأقدار المختلفة

الجدول الآتي يبين عدد النجوم الكلى إلى نهاية مراتب الأقدار التي تقابلها فضلا بمجموع عدد النجوم التي أقدارها من صففر إلى نهاية القدر الخامس هو ٤٧٥٠ بصريا ، ٣١٥٠ فوتوغرافيا .

فوتوغرافيا	بصريا	إلى القدر
٢٨	٤١	الثاني
١١١	١٢٨	الثالث
٣٠٠	٤٥٤	الرابع
٩٥٠	١٤٨٠	الخامس
٣١٥٠	٤٧٥٠	السادس
٩٨١٠	١٤٩٦٠	السابع
٢٢٣٦٠	٤٥٧١٠	الثامن
٩٧٤٠٠	١٣٤٠٠٠	التاسع
٢٧١٨٠٠	٢٧٣٠٠٠	العاشر

وأقصى ما تستطيع رؤيته العين المجردة هو مدى القدر السادس وتلي إلا كثر القدر السابع، وعلى ذلك فعدد ما يمكن رؤيته بالعين المجردة من النجوم محدود ويقدر بنحو عشرة آلاف على أكثر تقدير، غير أنه لا يرى منها في أى وقت إلا نحو ثلثها لأن الباقي يكون تحت الأفق، وهذا العدد أقل بكثير مما يتصوره عادة عامة الناس.

ولو أننا اتخذنا قوة إضاءة نجم من القدر الأول وحدة للمقارنة لوجدنا أن الثمانية نجوم التي أقدارها بين الصفر والقدر الأول، تعادل في ضوئها ١٤ نجما من نجوم القدر الأول، وأن أقصى كمية من ضوء النجوم بين قدرين.

متتاليين هي تلك للنجوم التي بين القدرين التاسع والعاشر وعددهما ١٧٤ نجم فضوهما يعادل ضوء ٦٩ نجما من نجوم القدر الأول. ويعادل ضوء كل النجوم ضوء ٧٠٠ نجم من القدر الأول الفوتوغرافي أو ما بين ٩٠٠ ١٠٠٠ نجم من القدر الأول البصري. وتعرف أقـدار النجوم من الجداول والمصنفات الفلكية .

والقدر الفوتوغرافي للقمر يدرا هو - ١١.٢ ومن ذلك يتضح أن ضوءه يعادل مائة مرة ضوء النجوم مجتمعة .

والجدول الآتي يشتمل على الأقدار الظاهرية المجموعة الشمسية :

الشمس — ٢٦٦٠	عطارد — ٩٠
القمر — ١١٧٧	زحل + ٨٨
الزهرة — ٤٢٨	أورانوس + ٨٦
المشتري — ٢٣٥	نبتون + ٧٦
المريخ — ١٧٩	

الأقدار المظلمة

من البديهي أن القدر الظاهري لجرم سماوي يختلف باختلاف بعده عنا ، ومن المعروف أن الضوء من مصدر ضوئي يقل إضطرابا بزيادة مربع المسافة بيننا وبينه . ولهذا فإنه لا يمكننا مقارنة درجة توهج نجمين بالضوء إذا كان بعدهما منا مختلفين، إلا بعد تقدير قدريهما عندما يتوفان على بعدين متساويين منا .

ولقد اتفق على اتخاذ المسافة ١٠ پارسك (وهي تعادل اختلافا ظاهريا
يساوى ثانية قوسية) وحدة أساسية لهذا الغرض ، وقدر الجرم السماوى
عندما يكون بعده عنا يساوى ١٠ پارسك يسمى القدر المطلق ، والعلاقة
الآتية تربط القدر الظاهرى والقدر المطلق والاختلاف الظاهرى ، قدرا
بالثوانى القوسية ، وهي مستنبطة على أساس القواعد السابقة

$$ق = ق - \Delta = ق + \Delta$$

باعتبار أن $ق =$ القدر المطلق

$ق - \Delta =$ القدر الظاهرى .

$ف =$ الاختلاف الظاهرى .

ومن هذه العلاقة يتضح أنه من الممكن تعيين الاختلاف الظاهرى لنجم
ما ومن ثم بعده ، إذا عرف كل من قدره المطلق والظاهرى .

قياس بعد النجوم

النجوم جميعها بعيدة عنا بعدا كبيرا ، ولذلك فإننا لو نعبر عن أبعادها
بوحداث الطول المعروفة كالميل والكيلومتر لاضطررنا إلى استخدام أرقام
كثيرة جدا ، من أجل ذلك ، تعرف أبعاد النجوم فى الفلك باختلافاتها
الظاهرية (Parallax) وهي التى تنشأ من دوران الأرض حول الشمس أثناء
السنة ، فالانجاء الذى يرى فيه نجم ما يتغير دوريا نتيجة لحركة الأرض
فى الفضاء السماوى حول الشمس . فالنجم ن يرى فى الاتجاه ١ ن حيث
تكون الأرض فى نقطة ١ من مدارها . وبعد ستة شهور تكون الأرض

قد بلغت النقطة ب من مدارها ونرى هذا النجم في الاتجاه ب ن وفي أثناء هذه المسيرة وإلى أن تبلغ الأرض مرة أخرى النقطة ا من مدارها يقع الاتجاه الذي يرى فيه النجم بين الاتجاهين ا ن ، ب ن . والفرق بين هذين الاتجاهين هو الزاوية ا ن ب وهي الاختلاف الظاهري للنجم ن (أنظر الشكل ٧)

فالاختلافات الظاهرية للنجوم هي الزوايا التي تقع النجوم عند رؤيتها والاضلع المقابل لها هو نصف قطر مدار الأرض حول الشمس. ومثوله ٩٣ مليون ميل. ومن الواضح أن هذه الزوايا تقل كلما زادت بعد النجم في أسمى السماء .

وتقد ذكرنا أن البارسل هو الذي اتخذ وحدة مسافات ، في تقدير الأقدار المطلقة هو البعد الذي يكون الاختلاف الظاهري عنده يساوي ثانية قوسية واحدة . ومن ثم فالاختلافات الظاهرية التي تساوي ١ ، ١٠ ، ١٠٠ ، ١٠٠٠ من الثانية القوسية تعادل ١٠ ، ١٠٠ ، ١٠٠٠ بارسل على التوالي .

وهناك وحدة أخرى لقياس أبعاد النجوم وهي السنة الضوئية ، وهي عبارة عن المسافة التي يقطعها الضوء بسرعة ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية في زمن قدره سنة ، وتعادل ٦٣ ألف مرة المسافة بين الأرض والشمس .

ونظرا إلى أن معظم النجوم بعيدة جدا ، فإن من المتعذر جدا قياس اختلافاتها الظاهرية ، وليس هناك سوى عدد قليل جدا منها مما يمكن

فياس اختلافه الظاهري. والطريقة المتبعة في ذلك هي أخذ لوحة فوتوغرافية للنجم المطلوب تعيين اختلافه الظاهري ولوحة أخرى بعد ستة شهور ، ثم ثلاثة بعد ستة شهور أخرى ، ثم تقارن مواقع النجم في الألواح الثلاثة بالنسبة للنجوم الأخرى القريبة منه .

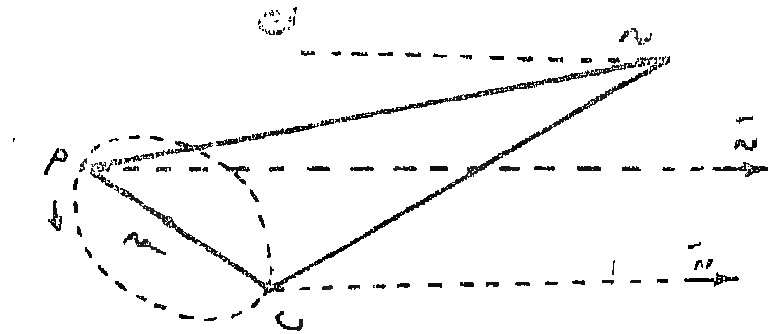
والجدول الآتي يشتمل على أسماء النجوم ذوات الاختلاف المركزي الكبير ، وابعادها بالسنين الضوئية ، ووضوئها باعتبار ضوء الشمس وحده ومراتبها الطيفية وحركاتها الذاتية ، التي سيأتي الكلام عنها فيما بعد .

المراتب الطيفية	النوع باعتبار الشمس = 1	البعد بالسنين الضوئية	الاختلاف الظاهري في موسية	الحركة الذاتية ثانية قوسية	النجوم
—	٠.٠٠٠١	٤.١	٠.٧٩	٣.٨٥	الأقرب من سنطوري
ح. صفو	١.٣	٤.٣	٠.٧٦	٤.٦٨	١ سنطوري
ب	٠.٠٠٠٥	٦.٢	٠.٥٣	١٠.٢٩	ميونخ ١٥٤٠
ب	٠.٠٥٤	٧.٩	٠.٤١	٤.٧٤	لاند ١١٠١٨٥
أ. صفو	٣.٠	٨.٦	٠.٣٨	١.٣٢	الشعري الثمانية
ك ٢	٠.٠٢٢	١٠.٢	٠.٣٢	٨.٧٥	كوردوبا ٧٠٨٢٤٣
ك. صفو	٣.٥	١٠.٢	٠.٣٢	١.٩٢	T قيطس
ر. صفو	٣.١	١٠.٥	٠.٣١	٠.٩٧	الشمس
ف ٥	٧.٠	١٠.٩	٠.٣٠	١.٢٤	الشعري الشامية
ك ٥	٠.٦٤	١٠.٩	٠.٣٠	٥.٢٤	٦١ الدجاجة

ويتضح من هذا الجدول :

أولاً — أن النجوم ذوات الحركة الذاتية الكبيرة قريبة بوجه عام من النظام الشمسي .

ثانياً — إن النجوم المذكورة في هذه الجدول كلها من الأقزام (الصغيرة) ولأن مراتبها الطيفية من المراتب المتأخرة في السلسلة الطيفية .



والآن لو فرضنا أن α نجما من النجوم اللامعة γ من النجوم الخافتة كما يدوان في المنظار وافترضنا لهذا السبب أن أولها أقرب إلى الأرض من الثاني وأن ش الشمس α موقع الأرض من مدارها في أول مارس γ موقعها في أول سبتمبر أي بعد ستة شهور .

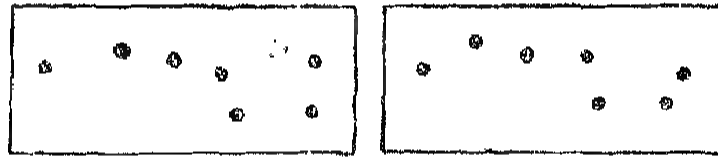
وبفرض أن α γ بعيد بعدد كافيا فإنه بقياس الزاويتين α γ في أول مارس ثم γ α في أول سبتمبر باعتبار α γ متوازيان فإذا رسمنا الخط α γ موازيا لهما نجد أن :

$$\angle \alpha \gamma \alpha = \angle \gamma \alpha \alpha$$

$$\angle \gamma \alpha \alpha = \angle \alpha \gamma \alpha$$

هالى بنسبين مواقع النجوم بكل دقة مرات عديدة لاستبطا تحركها فى السماء . وذلك بمقارنة مراقبتها فى سنين متباعدة . وتمكن الاستاذ لويس بوس - بمقارنة الأرصاد المختلفة منذ عام ١٧٥٥ - من استنباط الحركات الذاتية لنيف وستة آلاف نجم نشرها فى عام ١٩١٠ فى كتابه المشهور المسمى :

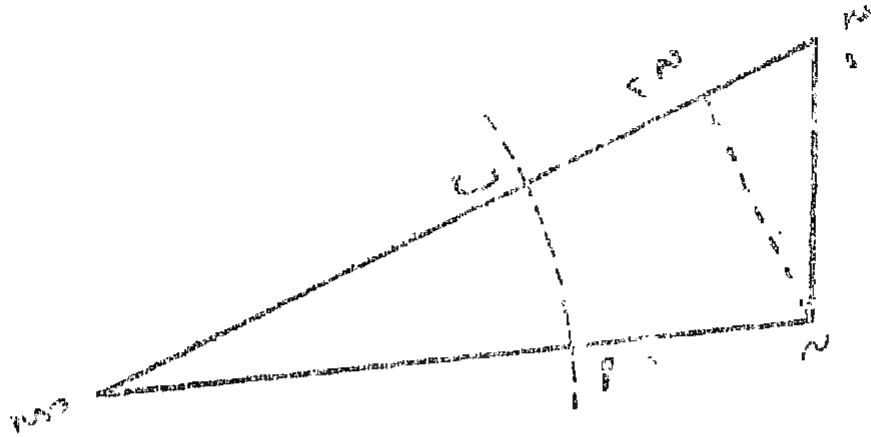
ولم تزل الحاجة ماسة الى تقدير الحركات الذاتية لعدد أكبر من النجوم وتدل التقديرات الحالية على أن النجم الضئيل « برنارد » المسمى باسم مكتشفه فى ١٩١٦ من أكبر النجوم تحركا بالنسبة إلى بسيط النجوم التى تجاوره إذ تبلغ حركته الذاتية عشرة ثوان فوسية فى العام : ويبلغ عدد النجوم التى قدرت حركاتها الذاتية حتى عام ١٩٢٣ بنحو ١/٢ ثانية قوسية فى العام ٧٤٩ نجما



(شكل ٢٥)

ويوضح شكل ٢٥ مقدار التغيير فى شكل كوكبه البلب الأصغر فى مدى خمسين ألف سنة بسبب الحركات الذاتية لنجوم هذه الكوكبة .

ولا يمكن استنتاج سرعة النجوم فى الفضاء من مجرد معرفة حركاتها الذاتية فقط ، بل يجب أن يعرف زيادة على ذلك أبعادها الحقيقية . وتوضح هذه الحقيقة من الشكل الآتى فأننا لو فرضنا أن النجم « ه » قد تحرك فى زمن معلوم من « ه » إلى « ه » (شكل ٢٦) فأن الزاوية « ه - ه » بفرض أن « ه » تمثل الأرض - هى الحركة الذاتية لهذا النجم . ولو أنه تحرك فعلا من « ه » إلى « ه » بدلا من « ه » فأن حركته الذاتية هى « ه - ه - ه » وكل منهما تساوى الزاوية « ه - ه »



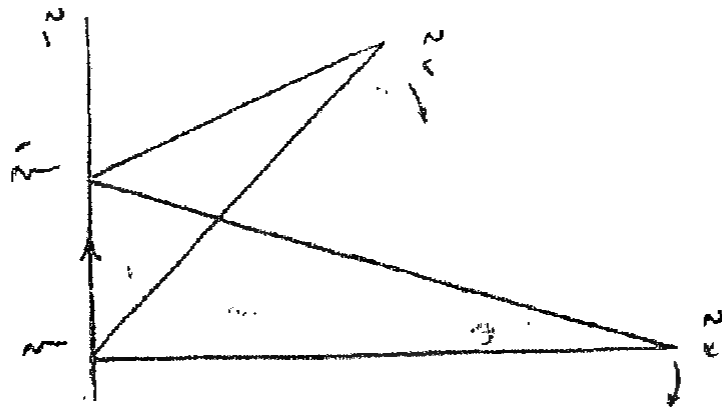
(شكل ٢٦)

فالو عرفنا بعد النجم $م$ صرنا أمكننا استنباط سرعته في الاتجاه العمودي على الخط البهرى $م$ $ن$. أما سرعته في اتجاه هذا الخط فيمكن استنباطها باستخدام المطياف. والآن لو فرضنا جدلاً أن مركبة السرعة في الاتجاه العمودي على الخط البهرى واحدة بالنسبة للنجوم كلها، نجد أنه بقياس الحركة الذاتية لأي نجم - وهو أمر سهل نسبياً - يمكن استنباط بعده بالنسبة لنجم آخر وعلى أساس هذا الفرض فإن سرعة حركته الذاتية خمسة ثوان قوسية في مائة سنة أبعد معنا بعشرة مرات من نجم آخر حركته الذاتية ٥٠ ثانية قوسية في مائة سنة.

وايس لهذا الفرض ما يبرره، واسكن يمكن الانتفاع به لتعيين النجوم القريبة نسبياً (أى ذوات الحركة الذاتية الكبيرة) لتقدير أبعادها بكل دقة. ولقياس الحركة الذاتية للنجوم لابد من تعيين ومقارنة مواقعها في أزمنة متفاوتة على مدى ٥٠ سنة مثلاً، على الأقل. وقد اقترح الأستاذ كيتين طريقة أخرى أسهل نسبياً، ولا تفصل عن الأولى في دقتها، وذلك بأخذ صور فتوغرافية لمناطق من السماء وحفظها بدون تحميض مدة ١٠

سنتين مثلا لا يتم تعريف اللوح الفلكي في نفسه مرة ثانية لظهور النجوم
نفسها بعد زحزحة مقدارا معلوما ثم تحميضه بعد ذلك ومقارنته بمواقع
النجوم المختلفة أثناء هذه الفترة واستنباط حركاتها الذاتية .

ولقد أثار اكتشاف عدم ثبوت مواقع النجوم احتمالا قويا هو تحرك
النظام الشمسي نفسه وسط النجوم مما يتسبب عنه حركات ظاهرية للنجوم
تلك الحركات التي أثبتتها الأرصاد والتي نسميها الحركة الذاتية . ولا يضاح
ذلك نقرض أن سم الشمس ومن حولها السيارات، تحركت أثناء زمن معين من
سمه إلى سـ (شكل ٢٧) ولنفرض أن سـ ١ سـ ٢ سـ ٣ ثلاثة نجوم ، فأما الأول سـ ١
الذي يقع في اتجاه تحرك الشمس فإن موقعه في السماء يبقى ثابتا بالنسبة لنا غير
متأثر بحركة الشمس هذه ، وأما الثاني والثالث فإن حركتهما الظاهرية
النسبية عن حركة الشمس نفسها فتعطينا الزاويتان ش سـ ٢ سـ ٣ سـ ١ سـ ٢ سـ ٣
وإذن فلو كانت الشمس تتحرك فعلا وسط النجوم لترتب على ذلك ما يأتي :



(شكل ٢٧)

أولا - أن النجوم بوجه عام تبدو متحركة في الاتجاه المضاد لحركة الشمس .
ثانيا - أن النجوم التي تقع في اتجاه حركة الشمس أو قريبة منه تبدو
غير متأثرة بهذه الحركة - أما النجوم التي تقع على بعد واحد من الشمس

وفي اتجاهات مختلفة فيكون مقدار حركتها الذاتية أكبر ما يمكن لذلك التي تقع في اتجاهات عمودية على اتجاه حركة الشمس وأقل ما يمكن التي تقع في هذا الاتجاه .

ثالثا - بالنسبة لنجمين في اتجاه واحد يكون مقدار الحركة أكبر للنجم الأقرب نسبيا من الشمس .

وتسمى الحركة الظاهرية للنجم المتسببة عن حركة الشمس هذه (الحركة الاختلافية) ^(١) والنقطة التي تتحرك نحوها الشمس (اتجاه حركة الشمس) ^(٢)

واقد وجد السير ولیم هرشل عام ١٧٨٣ من دراسة الحركة الذاتية لعدد محدود من النجوم ، إنها إجمالا تتحرك في الاتجاه المضاد لنقطة معينة من السماء ، تقع في كوكبة الجاني بالقرب من النجم الالامع « النسر الواقع » واعتبرها اتجاه حركة الشمس في الفضاء .

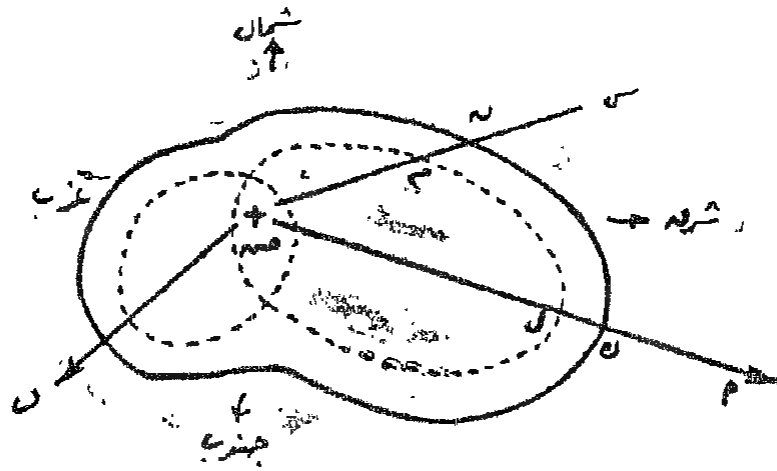
ومن الواضح أنه لا يمكن تعيين الاتجاه الذي تتحرك نحوه الشمس بكل دقة ما لم تكن لدينا تقديرات عن الحركة الذاتية لأكثر عدد من النجوم ويجب أن نتذكر أن النجوم القليلة المعروفة حركاتها الذاتية والتي عين بواسطتها السير ولیم اتجاه حركة الشمس في الفضاء ليست ثابته كما افترضنا ، وإن حركاتها الذاتية لا يمكن أن تنسب كلها إلى أنها حركة ظاهرية متسببة عن حركة الشمس وحدها بل لا بد وأن يكون بعضها مركبات حركة النجوم الحقيقية . ولقد أثبتت أرصاد حديثه على أن الاتجاه الذي تتحرك نحوه الشمس هو النقطة من سطح الكرة السماوية التي أحد أقطابها هي :

لمطلع المستقيم ١٨ ساعة
الميل ٣٠° شمالا

وهذا الاتجاه يبعد بنحو ١١° من النجم «النسر الواقع» .
ولقد وجد بطرق أخرى أن سرعة الشمس نحو هذه النقطة تبلغ ٢٠ كيلو
مترا في الثانية الواحدة .

مسالك النجوم

تكلمنا عن حركات النجوم ويبدو حتما بعد ذلك أن نتساءل عما إذا كانت
النجوم تتحرك في الفضاء وفقا لقوانين معلومة أو هي تتحرك فيه على غير هدى .
في عام ١٩٠٤ حال الأستاذ كبتن Kapten حركات النجوم في الاتجاهات
المختلفة لمنطقة صغيرة من السماء ووجد أن عدد النجوم التي تتحرك في اتجاه
مدين يختلف باختلاف هذا الاتجاه كما يتضح ذلك من الرسم البياني الآتي :



(شكل ٢٨)

فطول الخط ن ص يمثل عدد نجوم المنطقة التي تتحرك في الاتجاه ص س
والخط ك ض يمثل عدد نجوم المنطقة التي تتحرك في الاتجاه ض م وهكذا

ووجد كبتين علاوة على ذلك أن مثل هذا الرسم يمثل عديد النجوم التي تتحرك في اتجاه معين لأى منطقة صغيرة أخرى من السماء واستنتج في الحال أن نجوم المنطقة الواحدة تميل إلى التحرك في اتجاهين رئيسيين أحدهما ص ١ والآخر ص ٢ . ولاحظ في جميع الحالات أن الاتجاه الأول أرجح .

وبدراسة الاتجاهات الرئيسية ص ١ ب ص ٢ لمناطق مختلفة من السماء وجد أن كلا منها تتلاقى في نقطة معينة فالخطوط ص ١ للمناطق مختلفة من السماء تتلاقى في نقطة معينة وكذلك الخطوط ص ٢ تتلاقى في نقطة أخرى .

ولولا أن عديد النجوم المعروف حركاتها في السماء قليل جدا نسبيا لقطعنا بصحة القول بأن النجوم تتحرك في اتجاهين معينين .

أما سبب هذه الظاهرة فلم يكتشف حتى الآن .

النجوم المزدوجة

تبدو النجوم جميعها للعين المجردة وحدات مفردة، ويبدو الكثير منها في المنظار مكونا من مركبتين مثل رأس التوأم المقدم و٦١ الدجاجة . وقد دلت الأرصاد الكثيرة على وجود آلاف من أمثال هذين النجمين . ويمكن أن يقال بوجه عام أن هناك نجم مزدوج في كل ثمانية عشر نجما - حتى القدر التاسع .

وقد تبدو النجوم مزدوجة، لأنها تقع على خطوط بصرية واحدة تقريبا وفي هذه الحالة لا تربط مركبتى نجم من هذا النوع علاقة طبيعية خاصة، لأن المسافات بينهما تكون كبيرة جدا، وتسمى هذه النجوم المزدوجات البصرية ومع ذلك فثمة مزدوجات على أبعاد متساوية منا تربط مركبة الواحدة منها بالمركبة الأخرى ارتباط طبيعي وتدوران حول مركز الثقل المشترك لهما وتسمى المزدوجات التي من هذا النوع المزدوجات الحقيقية (١) . وتطبقا لقانون الجاذبية العام تدور كل مركبة من هذه المزدوجات في قطاع اهليلجى حيث يكون مركز الثقل المشترك في إحدى بؤرتيه ، ومدار المركبة الصغرى أكبر من مدار المركبة الكبرى بالنسبة العكسية لأوزانها

وهناك مزدوجات لا يمكن رؤيتها كمركبات منفصلة حتى بالمناظير الحالية ثمغمر المسافة التي تفصل المركبة الواحدة عن الأخرى . وقد استدل على الأزواج بواسطة المطياف، والمزدوجات التي اكتشفت بهذه الطريقة تسمى المزدوجات الطيفية (٢) ويقدر ما عرف منها حتى الآن بالمئات

النجوم الثلاثية والمضاعفة :

كثير من النجوم التي كان يظن أنها مجرد نجوم مزدوجة قد وجد أخيرا أنها مكونة من ثلاثة مركبات أو أكثر. وفي بعض الأحيان لم تكتشف المركبات الجديدة إلا بواسطة المطياف ، وقد وجد أن النجم القطبي من النجوم الثلاثية التركيب .

النجوم المتغيرة

هي النجوم التي يتذبذب ضوؤها بين القوة والضعف في دورات معلومة ويقدر عددها بالآلاف. وبعضها يتغير ضوؤه بشكل غير منتظم ، بينما البعض الآخر يصل حدوده العليا والدنيا من الضوء بعد دورة منتظمة تختلف طولاً باختلاف النجوم ، وتتراوح مدة الدورة بين ساعات معدودة ومئات الأيام .

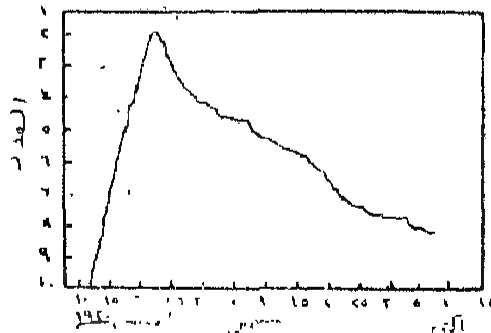
وقد قسم الأستاذ بكنر نج pickernig النجوم المتغيرة الى خمسة أقسام وهي :

- (١) النجوم الجديدة أو المؤقتة
- (٢) النجوم ذوات الدورة الطويلة :
- (٣) النجوم ذوات الاختلاف القصير أو الغير منتظم .
- (٤) النجوم ذوات الدورة القصيرة .
- (٥) المتغيرات المكسوفية

أولاً - النجوم الجديدة - يطلق هذا الاسم على النجوم التي يزيد ضوؤها فجأة وبدرجة كبيرة عادة ثم يضعف بعد ذلك بسرعة في نادى الامر ثم تدريجياً حتى يصل إلى درجة معينة. وليس معروفاً حتى الآن أن أمثال هذه النجوم قد عانت مثل هذه التغيرات الفجائية أكثر من مرة . وأهم صفات هذه النجوم هو الازدياد الكبير والفجائي في ضوئها ثم النقص التدريجي فيه . المصحوب عادة بتذبذبات صغيرة وغير منتظمة . مثال ذلك الجديد

(٣) العقاب سنة ١٩١٨ والجديد (٣) الدجاجة الجديدة سنة ١٩٢٠ . فالأول كان قبل انفجاره نجما ضئيلا يتذبذب ضوءه بين القدرين العاشر والحادي عشر . وقد دلت الأبحاث على أن ضوءه كان في يوم ٥ يونيه سنة ١٩١٨ نجما من القدر ١٠,٥ وفي يوم ٧ يونيه وصل ضوءه إلى القدر السادس وفي المساء الثاني تمكن من رؤيته كثير من الناس وبلغ في لمعانه إلى درجة نجم من القدر الأول ، وفي المساء الذي يليه بلغ في لمعانه حده الأعلى (القدر - ٥,٥) وهكذا نجد أن ضوءه زاد في مسمى أربعة أيام بنسبة : ٢٥٠٠ : ١ . وفي ١٧ يونيه كان ضوءه يعادل ضوء نجم من القدر الثاني وفي ٢٢ يونيه كان ضوءه يعادل ضوء نجم من القدر الثالث وبعد سنة كان ضوءه يعادل ضوء نجم من القدر السادس .

وليس من المحقق أنه بعد انفجار النجم على هذا النحو أن يعود إلى حالته الأولى تماما من حيث درجة لمعانه . إذ المعروف أن النجم الجديد المسمى (الأكليل الجديد) سنة ١٨٦٦ كان قدره قبل انفجاره ٩,٥ وقدره الآن ١١,٥ .



شكل (٢٩)

منحنى ضوء الجديد (٣) الدجاجة ١٩٢٠

والمع النجوم الجديدة المعروفة حتى الآن النجم الجديد (ذات الكروني)
الذي اكتشفه تيكوبرا هي عام ١٥٧٢ والذي بلغ ضوءه القدر ٤٠٠
و (الخوا) الذي اكتشفه كيار عام ١٦٠٤ وبلغ ضوءه القدر ٢٠٠
وكلا النجمين ضئيل القدر الآن لدرجة أنه يصعب تمييزهما. والمع الجديدات
المكتشفة حديثا (برشاوش الجديدة) الذي بلغ ضوءه القدر صفر .

ويلاحظ أن معظم النجوم الجديدة المكتشفة تقع في المجرة أو بالقرب
منها، وقد لوحظ أنه يصحب التغير المفاجيء في ضوء النجوم الجديدة تغير
غريب في طيفها . ويعزو بعض العلماء هذه الظاهرة الى دخول النجم في مادة
سديمية فترفع درجة حرارة النجم بالاحتكاك بهذه المادة ويزيد ضوءه قوة

والجدول الآتي يشتمل على النجوم الجديدة التي عرفت منذ عام ١٥٧٢
أما ما اكتشف منها قبل ذلك فغير موثوق به تماما، وذلك لأن القدماء
كانوا يخلطون بينها وبين المذنبات .

عام	النجم الجديد	أعلى قدر	المطلع المستقيم	الميل
١٥٧٢	ذات الكرسي	أكبر من ١	١٩	٣٥ ٦٣ ش
١٦٠٤	الخواء	١	٢٧ ١٧	٢١ ٢٥ ح
١٦٧٠	الشعب	٣	٤٤ ١٩	٥٧ ٧ ش
١٨٤٨	الخواء	٤	٥٥ ١٦	١٣ ٤٦ ح
١٨٦٠	العقرب	٧	١٢ ١٦	٢٢ ٤٨ ح
١٨٦٦	الإكليل	٢	٥٦ ١٥	٢٦ ١٠ ش
١٨٧٦	الدجاجة	٣	٣٩ ٣١	٤٢ ٢٨ ش
١٨٨٥	المرأة المسلسلة	٧	٣٨	٤٠ ٥٠ ش
١٨٨٧	برشاوس ١	٩,٢	٥٦ ١	٥٦ ٢١ ش
١٨٩٢	عمسك الأعنة	٤	٢٧ ٥	٣٠ ٢٣ ش
١٨٩٣	المربع	٧	٢٤ ١٥	٥٠ ٢٨ ح
١٨٩٥	القرينة	٨	٤ ١١	٦١ ٣٠ ح
١٨٩٤	قنطورس	٧	٤٢ ١٣	٣١ ١٤ ح
١٨٩٨	القوس ١	٤,٧	٥٧ ١٨	١٣ ١٦ ح
١٨٩٩	العقاب ١	٧	١٦ ١٩	٠ ١٧ ح
١٩٠١	برشاوش ٢	أكبر من ١	٢٦ ٣	٤٣ ٣١ ش
١٩٠٣	التوأمان ١	٥	٣٩ ٦	٣٠ ٢ ش
١٩٠٥	العقاب ٢		٥٨ ١٨	٤ ٣٤ ح
١٩١٠	القوس ٢	٧,٥	٥٥ ١٧	٢٧ ٢٣ ح
١٩١٠	الورل	٥	٣٣ ٢٢	٥٢ ١٨ ش
١٩١٢	التوأمان ٢	٣,٣	٥٠ ٦	٢٢ ١٤ ش
١٩١٨	العقاب ٣	أكبر من ١	٤٥ ١٨	٠ ٢٩ ش

ش ترمز إلى أن النجم في نصف الكرة السماوية الشمالي وحو إلى أنه في نصفها الجنوبي

وتعرف النجوم الجديدة بأسماء السكوكبات التابعة لها والسنة التي ظهرت .
فيها وبعضها تعرف بأسماء مكتشفها مثل نجم تيكو ، ونجم كيلر .

وقد اكتشف على ممر السنين أكثر من نجم واحد جديد في السكوكبة
الواحدة . ولذا استعملت الأرقام العددية ١، ٢، ٣، .. للدلالة على كل نجم
فمثلا ٣ العقاب الجديد ١٩١٨ هو ثالث نجم جديد اكتشف في كوكبه
العقاب .

ثانيا - النجوم ذات الدورة الطويلة - لو فحصنا دورات النجوم المتغيرة
وجدنا أن هناك عدداً كبيراً تقل دورته عن إحدى عشرين يوماً ، وأن هناك
عدداً كبيراً تتفاوت دورته بين ١٥٠ ، ٤٥٠ يوماً ، أما المتغيرات التي تتراوح
دوراتها بين ١١ يوماً و ١٥٠ يوماً فهي قليلة نسبياً وعلى ذلك نجد من السهل تقسيم
المتغيرات إلى قسمين يطلق على المتغيرات التي تزيد مدة دورتها على ٤٥٠
يوماً النجوم ذات الدورة الطويلة .

وأهم خواص هذا النوع أن المتغيرات في القدر كبيرة وتتراوح
من القدر الثالث إلى القدر الثامن . ونجوم هذه الفصيلة ذات لون أحمر
ويلاحظ أنه كلما زاد احمرار النجم كلما زادت مدة الدورة ومن الأمثلة على
هذا النوع النجم (وقيطس) . ودورته ٣٣٣ يوماً ويتغير قدره بين الثاني والثامن
وهو أقل ثبوتاً عند القدر الثاني منه عند القدر التاسع .

وبمقارنته أهم خواص النجوم المتغيرة بما يحدث في الشمس وعلى الأخص
دورتها السكفية ، وما يصحبها من من ظواهر ، نجد أنها تشبه النجوم ذات
الدورة الطويلة ، إلا أن طول الدورة كبير جداً بينما التغيرات القدرية طفيفة .

ثالثا - النجوم ذوات الاختلاف غير المنتظم - أن التغيرات القدرية لهذا النوع تبلغ حوالى قدرين ، أما مدة الدورة فتختلف باختلاف النجوم وتحتوى على نجوم من مراتب طيفية مختلفة بين Y و N

رابعا - النجوم ذوات الدورة القصيرة - يطاق على هذا النوع اسم التغيرات القيفاوسية . وأهم خواصها ثبوت طول الدورة مع صغر التغيرات القدرية .

المجرة

حتى فجر القرن العشرين كان من المعروف أن النظام النجومى أشبه شىء بعدسة كبيرة أدامها فى الفضاء ينطبق على اتجاه المجرة وقدر نيكومب قطره بما لا يزيد من ثلاثة آلاف سنة ضوئية أما التقديرات الحديثة لسعته فتبلغ أضعاف ذلك .

وقدر الدكتور سيرز Sears أن عدد نجوم قدر ما الى الذى يليه حتى القدر السادس ثلاثة ، وأن هذه النسبة تنقص تدريجيا الى 17 عند القدر العشرين والجدول الآتى يبين عدد النجوم فى الأقدار المختلفة .

القيمة	العدد	القدر
٣,١	٥٣٠	٤
	١,٦٢٠	٥
٣,٠	٤,٨٥٠	٦
٣,٠	١٤,٣٠٠	٧
٢,٩	٤١,٠٠٠	٨
٢,٨	١١٧,٠٠٠	٩
٢,٨	٣٢٤,٠٠٠	١٠
٢,٧	٨٧٠,٠٠٠	١١
٢,٦	٢,٢٧٠,٠٠٠	١٢
٢,٤	٥,٧٠٠,٠٠٠	١٣
٢,٣	١٣,٨٠٠,٠٠٠	١٤
٢,٢	٣٢,٠٠٠,٠٠٠	١٥
٢,١	٧١,٠٠٠,٠٠٠	١٦
٢,٠	١٥٠,٠٠٠,٠٠٠	١٧
١,٩	٢٩٦,٠٠٠,٠٠٠	١٨
١,٧	٥٦٠,٠٠٠,٠٠٠	١٩

ووجد فضلا عن ذلك أن عدد نجوم الأقدار المخالفة يقل باضطراد مع
العروض المجرية كما يتضح من الجدول الآتي :



السديم المجري « الثلاثي الشعب »



جمع 'نجوى فى كوكبه القوس

العرض المجرى			عدد النجوم
° ٩٠	° ٤٥	صفر	القدر الفوتوغرافي
٧,	١,	٢,٨	٩
٤,٣	٦,٨	٢٠	١١
٢١	٣٩	١٤٦	١٣
٨٧	١٧٧	٩١٠	١٥
٢٨٨	٦٤٧	٤٧٨٠	١٧
٧٧٠	١٨٦٠	٢٠٧٥٠	١٩
١٦٧٠	٤٢٢٥	٧٣٦٠٠	٢١

فالنجوم في النظام المجري أكثر كثافة في مسـتـو المجرة ، وتتناقص تدريجيا في اتجاه قطبيها ، وبفرض أن الشمس تحتل المركز من هذا النظام يتضح لنا أننا عندما ننظر الى السماء في اتجاه منطقة النظام النجمي انما ننظر إلى المجرة وقدر شاذلي بفرض أن المجاميع السكـرية تابعة لنظام المجرة ان قطر المجرة الأكبر يبلغ طوله ٣٠٠.٠٠٠ سنة ضوئية ، والأصغر ١٠.٠٠٠ سنة ضوئية وأن الشمس تبعد عن مركزها مقدار ٦٠.٠٠٠ سنة ضوئية ، أما المركز فيقع في كوكبة القوس .

المجاميع النجمية

يوجد داخل المجرة أو عند حافتها نوعان من المجاميع النجمية تتحرك في الفضاء كأسراب الطير ، أحدهما المجاميع المفتوحة Open Clusters وهي

إلى الداخل من نظامنا النجمي مثل الثريا، والآخر المجاميع السكرية Globular Clusters وتقع عند الحافة أو إلى الخارج منها مثل المجموعة المعروفة بـ (مسييه ١٣) التي يقدر عدد نجومها بما لا يقل عن ١٠٠٠٠٠ نجم.

ويقدر عدد المجاميع السكرية بحوالى ٧٠ ، وقدره سايفر ، السرعة في اتجاه خط البصر لعشرة منها بما يتراوح بين - ٤١٠ ، ٢٢٥ كيلومتر في الثانية

وتتكون مجموعة الثريا من نجوم ذوات المرتبة الطيفية الواحدة ودرجة لمعانها واحدة تقريبا فضلا عن أنها تتحرك في الفضاء بنفس السرعة .

وحقت الارصاد تشابها كذا في مجاميع أخرى كمجموعة الثور والذب الأكبر.

الباب السابع

السدائم

السدائم المشتملة والمعتمدة والمكوكبية — السدائم اللاجيرية
الغير منتظمة الشكل والكروية والبيضية والحلزونية

السدائم أجرام سماوية كبيرة سحابية الشكل . ويستطيع أى أنسان أن يرى عبر السماء ، سحابة نجمية كبيرة تمتد شرقا وغربا وتمر بالكوكبات الآتية : النوا مان . ممسك الأعنة . برشاوس . ذات الكرسي . الدجاجة . القوس الطائر . السلياق تعرف بالمجرة . وهى تبدو للعين المجردة كغيام مضيء فإذا ما تبينها الراصد خلال منظار وجد أنها تتكون من نجوم مكتظة خافتة البضياء . وقد وجد أن العين المجردة لا تستطيع أن تتبين نجمين متقاربين جدا إذا كان البعد الزاوى بينهما يقل عن دقيقتين قوسيتين . وهذا هو ما حدا بالسير وليم هرشل إلى الاعتقاد بأن السدائم جميعها نجوم مكتظة اكتظاظا عظيما إلى درجة يتعذر معها رؤيتها كنجوم مفردة . وقد لاحظ أيضا أنه توجد في سديم المجرة قنوات مظلمة عن اها إلى وجود مادة سديمية معتمدة .

وفيما هذا سديم المجرة والسحابتين . المجلا نيتين . الموجودتين في نصف الكرة الجنوبي فإنه يتعذر رؤية السدائم - التى يقدر عددها بملايين عديدة - بالعين المجردة ، بينما يمكن رصدها وتصويرها بالمنظار ، ذلك لأن الضوء الذى

يصل أيضا من هذه السدائم خافت لبعد معظمها السحيق في أعماق الفضاء .
ويستخدم في تصويرها المناظير ذات الأقطار الكبيرة التي تجمع من ضوءها
أكبر مما يقع على سطح العين . ويستخدم لهذا الغرض ألواح فتوغرافية عالية
الحساسية وفضلا عن ذلك فإنه يمكن تعرض اللوح الفوتوغرافي لضوءها مدة طويلة
قد تصل إلى بضعة ساعات حتى تتكون من ضوءها طيلة هذه المدة صورها
الفوتوغرافية .

وتنقسم السدائم إلى قسمين رئيسيين وهى السدائم المجرية أى التى توجد
داخل نظامنا المجرى والسدائم اللامجرية التى توجد خارجة .

السدائم المجرية

توجد بالمجرة ثلاثة أنواع من السدائم (١) السدائم الغازية أو المشتتة
(٢) السدائم المعتمة (٣) السدائم الكوكبية .

وتبدو الأولى كسحب خافتة الضياء والثانية كقنوات فى المجرة بخلاف
يندر أو ينعدم فيها رؤيه النجوم . أما الثالثة - ويقدر عددها بنحو مائة وخمسين
فأجسام سديمية صغيرة دائرية الشكل أو بيضبة ، يوجد عند مركزها عادة نجم
وتبدو فى المناظير الصغيرة كنقراص كوكبية ومن هنا نشأت تسميتها .

(١) السدائم المشتتة أو الغازية : ومن الأمثلة عليها السديم الكبير فى
كوكبه الجبار ، وهى ذوات أشكال غير منتظمة ، وتوجد عادة بجوار المجرة
وقد وجد أن ضوءها مرتبط بضوء نجوم معينة مقترنة بها ، وقد اكتشف
عدد منها فى السحابتين المجلائيتين . اللتين تعتبران من السدائم اللامجرية .
ويرى الأستاذ هبل أن ضوء هذا النوع من السدائم مرده إلى الجذرم المقترنة

بها ، فقد وجد أن ثمة علاقة وثيقة بين طيف هذا النوع من السدائم والنوع الطيفي لهذه النجوم ، كما أن هناك ارتباطا بين قدر النجم المشع ومساحة السديم المنتشر ، فالنجم الذي من القدر الأول مثالا يولد الضوء في مادة سديمية تحيط به أو قريبة منه إلى مسافة تقدر بدرجات عدة بينما أن نجما من القدر الثالث عشر لا يكاد يولد الضوء فيها لأبعد من نصف دقيقة قوسية . يتضح من هذا أن السدائم المشتتة . وتسمى أيضا المنتشرة - ليست ذاتية الإشعاع وإنما تدین بضياؤها إلى النجوم المقترنة بها .

ويحتمل أن تكون المادة السديمية في هذا النوع مكونة من خليط من جزئيات ترابية أو جسيمات أكبر حجما ، كثافتها قليلة جدا قدرت بنحو جزء واحد من ألف مليون جزء من كثافة الهواء عند درجة الحرارة والضغط القياسيين . أو ما يغادل جزء من مليون من كثافة أكمل فراغ يمكن إيجاد عمليا على وجه الأرض . أما كتلة مادتها فتقدر بنحو عشرة آلاف مرة كتلة الشمس . ويقدر اتساع السديم الجبار بنحو ١٠ سنين ضوئية . وبعده بنحو ٦٠٠ سنة ضوئية . وبعض السدائم المنتشرة يتغير شكلها ولمعانها كالسديم رقم ٦٧٢٩ الموجود في كوكبه الأكليل الجنوبي والذي يشبه مروحة أو مذنب ولقد لوحظ أن النجم الذي يقع عند رأس هذا السديم من المتغيرات غير المنتظمة

(٢) السدائم المعتمدة: توجد هذه السدائم في كثير من أجزاء المجرة كنطاق خالية تقريبا من النجوم أو تقل فيها كثافة النجوم عن كثافتها في المناطق المحيطة بها . ويفسر خلوها من النجوم إلى كون هذا النوع من السدائم مكون من مادة حاجبة لضوء النجوم التي تقع وراءها .

وتكثر السدائم المعتمدة في كوكبات الجبار والجواء والعقرب

والسحاب الجنوب ومن الأمثلة النموذجية لها السديم المتعتم في كوكبة الجوزاء والذي يوجد في منطقة مكتظة بالنجوم بينما هو يكاد يكون خالوا منها .

ويعزى حجب السدائم المعتمة إلى أنها تتكون من سحب ترابية دقيقة الجزيئات ، يقدر قطر الجسيمات المسكونة لها بما يقرب من طول موجة الضوء ولذا ينشأ عن وجودها الاحتجاب التام لضوء ما وراءها من نجوم . وقد توجد السدائم المعتمة والمضيئة (المشتتة) معا ، ومن المحتمل أنهما من أصل واحد وأن وجود النجوم في مواضع ملائمة يجعل بعضها مضيئا وإلا ظلت معتمة .

(٣) السدائم السكوبية :

يكثر وجود هذا النوع في كوكبة القوس حيث تكثر فيها نسبيا النجوم الجديدة . وضوء هذه السدائم منتظم وأقطارها صغيرة ومحددة . ويوجد في وسط معظمها نجم مركزي من أشد النجوم حرارة ومن المحتمل أن أحجامها تقرب من أحجام النجوم الجديدة . ويرى الاستاذ مان ، أن السدائم السكوبية من النجوم الجديدة . وإن السديمية التي تحيط بالنجوم المركزية ليست سوى المادة التي لفظتها هذه النجوم أثناء فورانها قديما .

السدائم اللامجرية

توجد السدائم المجرية عادة في اتجاه المجرة بينما أن القسم الأوفر عددا من السدائم ، وهي السدائم اللامجرية ، يكاد يتجنب هذه المنطقة من الفضاء السماوى ونجده أكثر وفرة في اتجاه قطبي المجرة . وكثيرا ما يوجد هذا النوع على هيئة جموع أو أسراب . ويقدر عدد ما يمكن رؤيته من السدائم اللامجرية بمنظار كبير كمنظار مونت ولسون الذي قطر مرآته ١٠٠ بوصة بما

لا يقل عن ثلاثة ملايين . وبعدها السحيق في أعماق الفضاء تبدو خافتة الضياء . والسدائم اللامجرية المنتظمة شبيهة بنظامنا المجري كاهلة بنفسها . وليست مرتبطة به ارتباطاً طبعياً من أى نوع ، ولهذا سميت بالسدائم الخارجية عن المجرة . وتنقسم إلى قسمين رئيسيين (١) سدائم غير منتظمة الشكل (٢) سدائم منتظمة الشكل . ولا تزيد نسبة القسم الأول عن ثلاثة في المائة من مجموع عدد السدائم اللامجرية .

(١) السدائم الغير منتظمة الشكل :

يتكون هذا النوع من نجوم عديدة مفردة ومن الأمثلة عايتها السحابتين المجلا نيتين . وتقع السحابة الكبرى منهما في كوكبة السمك المذهب وشكلها بيضى غير منتظم وتقدر أبعاد الجزء السكثيف فيها بنحو ٣٠٠×١٠٠ . وتدلنا الصور الفوتوغرافية على أن القطر الأكبر لها يزيد على ٧° طولاً . وتقع السحابة الصغرى في كوكبة التوكان . والجزء المركزى السكثيف فيها تقدر أبعاده بنحو $٢^\circ \times ١^\circ$ ويقدر طول القطر الأكبر بأكثر من أربع درجات .

وتحتوى كل منها على عدد كبير من النجوم الخافتة الضوء من القدر الحادى عشر فأقل ضياء ، وتكثر فيهما النجوم المتغيرة وعلى الأخص القيفاويات كما توجد بهما الجموع النجومية المفتوحة والكروية . ويوجد في الجزء السكثيف من السحابة الكبرى عدد كبير من النجوم العملاقة (وهى التى يكون لمعانها الذاتى كبير جداً ويتراوح قدرها المطلق بين -١ ، -٤) ويمكن بالأرصاد الفلكية قياس مدة دورات المغتيرات القيفارية وحساب لمعانها المطلق ، وبمقارنته بلمعانها الظاهرى يمكن استنباط بعدها . وقدر

شابليل بعد السحابة الكبرى بنحو ٨٦ ألف سنة ضوئية ، وبعد السحابة الصغرى بنحو ٩٥ ألف سنة ضوئية. ويوجد بالسحابة الكبرى أكبر السدائم الممتلئة المهرولة والذي يقدر قطره بنحو ١٣٠ سنة ضوئية وهو أكبر بكثير من سديم الجبار في نظامنا المجرى .

وهناك تشابه كبير بين نظامنا المجرى وكل من السحابتين ولو أن كلا من منهما أصغر منه . أما السدائم اللابخرية الأخرى فأصغر بكثير من السحب المجالية والمعتقد أنها أبعد منها كثيرا .

(٢) السدائم المنتظمة الشكل

يتميز هذا النوع من السدائم بالدوران حول نواة غير نجمية. ودلت الأرصاد على أن الأجزاء الخارجية في كثير منها تتكون من نجوم. وهى ذات أشكال هندسية مختلفة ، فمنها الكروي والبيضى والعدسى والحلزوني . وقد دلت الأبحاث النظرية على أن هذه الأشكال المختلفة تمثل حلقات تطور السديم الواحد .

والسدائم الحلزونية نوعان ، أحدهما تمتد فيه الأزعة الحلزونية مباشرة من نواة مركزية ، والآخر ، ويسمى الحلزونيات ذات القضبان ترى فيه قضيب مستقيم يمر بالنواة وتمتد الأزعة من طرفيه . وتختلف صورة السديم باختلاف الزاوية التي تراها منه ، فالسديم البيضى لو أمكن أن نأخذ له صورة من اتجاه آخر لو وجدنا أنه حلزوني . ولقد دلت الأرصاد الطيفية على أن محور دورانها عمودى على المستوى الاستوائى فيها . أما معدل الحركة فى أية نقطة من السديم فتختلف باختلاف بعدها من مركزه . فكأن السديم

يدور كما لو كان جسما واحدا متناسكا . وقد تصل السرعة الى بضعة مئات من الكيلومترات في الثانية فهي من درجة السرعة الدورانية للشمس حول مركز المجرة . ورغم كبر هذه السرعة فإن أية نقطة من السديم قد يلزمها بضعة ملايين من السنين لتتم دورة كاملة حول مركزه وذلك نظرا لسكبر السديم .

والأجزاء الخارجية في كل من سديم المرأة المسلسلة والسديم الحلزوني المعروف بمسييه ٣٣ محملة الى حد كبير إلى نجوم مفردة . وقد اكتشف من بينها عدد من القيفاويات المثالية والنجوم الجديدة مما أتاح للعلماء استنباط بعدد بعض السدائم . ويقدر بعد هذين السديمين بنحو ٨٧٠ ألف سنة ضوئية . وباستخدام هذه النتيجة استنبطت أبعاد بعض السدائم الأخرى وقدّر بعد بعضها بنحو ١٣٠ مليون سنة ضوئية . واستنبطت أيضا سرعة السدائم الانجارية في اتجاه خط البصر من الأرصاد الطيفية ووجد أن هذه السرعة كبيرة جدا بوجه عام . وتقدر سرعة سديم المرأة المسلسلة بنحو ٣٠٠ كيلو متر في الثانية وهي سرعة اقترابية أي أن هذا السديم يتحرك نحو الشمس . ولمعظم السدائم سرعة أكبر من هذه بكثير . وقد لوحظ أن للغالبية العظمى منها سرعة ابتعادية أي في الاتجاه المضاد للشمس . وبعض هذه السرعة يقدر بنحو عشرين ألف كيلومتر في الثانية :

ولما كانت هذه السرعة المستنبطة مباشرة من الأرصاد الطيفية هي جميعها نسبته ، أي بالنسبة لنظامنا الشمسي المتحرك هو أيضا في الفضاء ، فقد وجد أنه بعد استبعاد تأثير دوران المجرة أن السرعة الاقترابية لسديم المرأة المسلسلة وبضعة سدائم أخرى - ذات سرعة ظاهرية اقترابية - ليست سوى

نتائج للدوران المجرى ، وأن هذه السدائم تتحرك كثيرها في الاتجاه المضاد لنظامنا الشمسى .

وقد وجد أن هناك ارتباطا بين بعد السدائم اللاجريه وسرعتها القطرية . ولهذا يمكن مقارنة بعد كل من الجموع السديمية بالسرعة المتوسطة المستنتجة لأفرادها العديدة . والجدول الآتى يحتوى على هذه النتائج . ويلاحظ فيه أن التسرع لجميع هذه الجموع السديمية ابتعاده . وأن سرعة السديم اللاجرى فى الفضاء بالكيلومتر فى الثانية تتناسب مع بعده بملايين السنين الضوئية وأن النسبة بينهما كنسبة ١٧٠ : ١ تقريرا

السرعة	السرعة المتوسطة بالكيلومتر/ثانية	البعد بملايين السنين الضوئية	الجموع السديمية
١٧٠			
٥	٩٨٠	٦	السنبلة
٢٢	٢٨٠٠	٢٤	الفرس الأعظم
٢٩	٤٨٠٠	٢٩	السرطان
٣١	٥٢٠٠	٣٦	برشاوش
٤٤	٧٥٠٠	٤٥	شعر برنيقه
٦٩	١١٨٠٠	٧٢	الدب الأكبر
١١٥	١٩٦٠٠	١٠٤	الأسد

وعلى أساس هذه النتائج قامت نظرية تمدد الكون ، إذ لابد أن يكون البعد بين أى سديم وآخر من السدائم اللاجريه فى تزايد مستمر بمعدل يتناسب مع البعد بينهما . وقد حاول كثير من العلماء تفسير هذه النتيجة ووضعت حلول كثيرة يضيئى المقام هنا عن الأقاضه فيها ، وكل ما نستطيع

أن نقوله في هذا الصدد أن السكون يتمدد في الوقت الحاضر . وعلى أساس المعدل السالف الذكر نجد أن جميع الأبعاد تبلغ ضعف قيمتها بعد ١٢٠٠ مليون سنة تقريبا .

أحجام وكثات السدائم الخارجية عن المجرة : ومن الممكن بعد تعيين بعد أي سديم حساب أبعاده الحقيقية بقياس أبعاده الزاوية . ولكن يجب أن نتذكر أن التقديرات المستنبطة بهذه الوسيلة تكون أقل من الاتساع الحقيقي للسديم فالصور الفتوغرافية مهما طالت مدة التعريض لا يمكن أن تسجل شكل السديم إلى أبعد حدوده الخارجية ، وقد رأينا أن السحب المجالاتية تمتد إلى أبعد من حدودها المعروفة على الصور ذات التعريض الطويل .

ويرجح أن أبعاد سديم المرأة المسلسلة تقرب من أبعاد نظامنا النجمي ، ويحتمل أنه يمتد طوليا نحو ثلث أو نصف امتداد نظامنا المجري وتقدر كتلة المنطقة الداخلية له بنحو ٢٤٠ مليون مرة كتلة الشمس . أما سديم مسيية ٣٣ الذي بعده يقرب من بعد سديم المرأة المسلسلة فأصغر منه .

وقد دلت دراسة السدائم اللاجرية القريبة نسبيا منا على أن بينها وبين نظامنا المجري تشابه كبير . وانها أنظمة كبيرة ذات كتل ضخمة تقدر بالف أو الفين مليون مرة كتلة الشمس . فهي تشبه نظامنا من حيث الامتداد الكبير في أحد المستويات دون الآخر ومن حيث وجود

السديمية المضيفة والمادة الحاجبة في المستوى المركزى . والسحب النجمية
التي توجد في النطاق المجرى المعروف بسكة التبانة تشبه مثيلاتها في الأنظمة
الحلزونية الأكثر تحللا .

والجموع الخفية في نظامنا تشبه التجمعات الأصغر التي ترى في الأذرع
الحلزونية لكثير من السدائم اللابجرية . وهذا ما حدا ببعض العلماء إلى
الظن بأن نظامنا المجرى سديم حلزوني ولكنه ربما كان أقرب شيها بالسحابة
المجلائية الكبرى . ويبدو محققا أن السدائم اللابجرية أنظمتها كاملة ولهذا
يمكن اعتبارها (جزائر كونيه) كما يعتبر نظامنا المجرى قارة كونيه ومتوسط
البعد بينها - فيما عدا المجموع السديمية - هو نحو ٢ مليون سنة ضوئية
وقد تثبت الأبحاث مستقبلا أن نظامنا المجرى لا يختلف كثيرا من حيث
الحجم عن بعض السدائم اللابجرية .

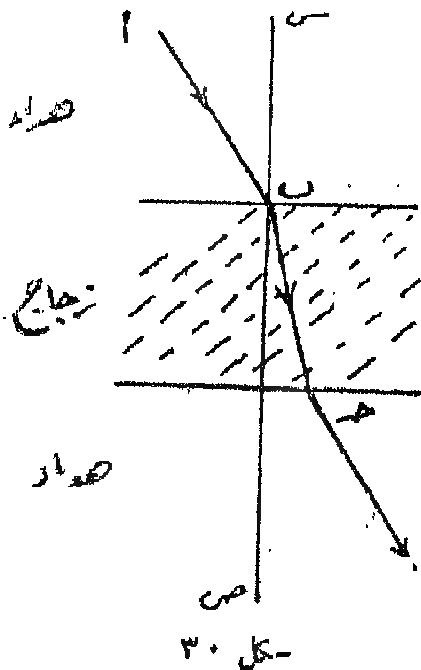
وتدل أبحاث هبل على أن السدائم اللابجرية قد تكونت على نسق
واحد ، وأنها في أولى مراحلها كروية الشكل ومع الدوران والانكماش
تنتهي من تهابيل المساعة نحو المركز يصير شكلها بيضايا ثم حلزونيا . فمن
المعروف أن أى جسم غازى قليل الكثافة كلما زادت سرعة دورانه تغير
شكله من الكروي إلى البيضا المنبسط عند القطبين . ويزداد هذا الانبطاح
بازدياد السرعة ، ويبدو ذلك واضحا في حالي الأرض والمشتري بمقارنته
انبعاجهما عند القطبين بانبعاج الشمس عند القطبين ، فالأرض تتم دورة
كاملة حول نفسها في ٢٤ ساعة والمشتري في عشر ساعات بينما الشمس تتم
دورة كاملة حول نفسها في ٢٦ يوما وانبعاج الأولين أكبر من انبعاج
الشمس عند قطبيها .

الباب الثامن

المنظار

المنظار هو أهم آلات الرسم الفلكية . وكان أول من صنع منظارا (لبرشى) ومن بعده بعامين العالم البريطاني الشهير جاليليو وقد رأى به أقمار المشتري وحلقات زحل وتشكل الزهرة وكاف الشمس وغيرها من الأجرام السماوية بصورة لم تكن معروفة من قبل . واتخذ من بعض مشاهداته أدلة علمية قوية تعزز ما ذهب اليه كبرنيق من قبل من أن الأرض ليست سوى سيارا تدور حول الشمس كأخواتها عطارد والزهرة ، وغيرهما والمنظار الفلكي على نوعين رئيسيين : الأول ذو العدسات . والثاني ذو المرايا ، ولا يرى الأخير عادة إلا في المراصد .

المنظار ذو العدسات :



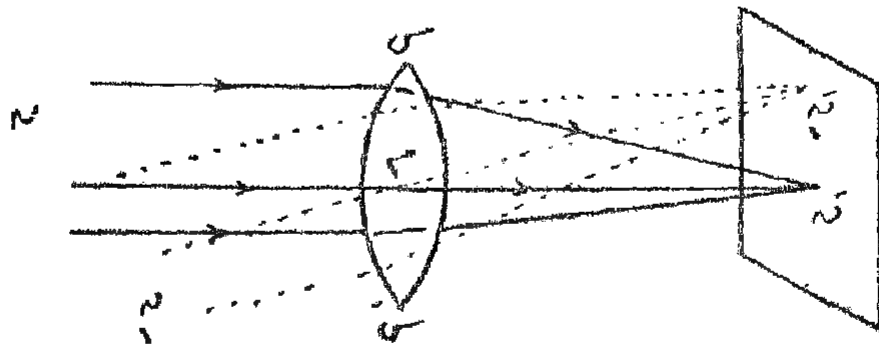
من خواص الضوء المعروفة أنه عندما يمر شعاع من الضوء خلال جسم شفاف كالزجاج مثلا فإنه ينحرف عن اتجاهه الأصلي طبقا لقانون خاص في علم البصريات . فالشعاع اب الذي يمر في الهواء ويقع على قطعة من الزجاج سطحيا متوازيين ينحرف عن اتجاهه الأصلي

داخل الزجاج ويرسم المسار المبين بالخط ب ح ، بحيث أنه لو رسمنا السهم دى على السطح عند ب وهو س ص فإن ب ح يقع فى المستوى ا ب س ، وفضلا عن ذلك فإن ثمة علاقة ثابتة بين زاوية السقوط ا ب س وزاوية الانكسار ج ب ص لآى وسطين كالهواء والزجاج مثلا .

ويجد أيضا أن الشعاع بعد خروجه يكون موازيا لمساره الأصلي ا ب إذا كان سطحى الجسم الشفاف متوازيين .

وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة الانكسار ، وتخضع لقوانينها السالفة الذكر كيفية مرور الأشعة الضوئية فى العدسات ذات السطوح الكروية وتجميع الأشعة فى نقطة معينة بعد خروجها من العدسات . وهى أساس صناعة المنظار ذو العدسات .

ونظرا لأن النجوم تبعد عنا بمسافات شاسعة فإنه يمكن اعتبار أن الأشعة التى تقع على سطح عدسة مثل س س حزمة متوازية ولذلك فإن الأشعة التى تأتى من نجم بعيد مثل ن تتجمع بعد مرورها خلال العدسة فى نقطة ن هى



شكل ٢٢

صورة النجم ن فإذا كان م ن (م مركز العدسة) ينطبق على الخط الواصل بين مركزى سطحى العدسة الكرويين فإن البعد م ن يسمى البعد البؤرى .

ولو وضعنا زجاجا فوتوغرافيا على هذا الخط عند N فإنه يرسم النجوم N وغيره من النجوم القريبة منه ، لأن النجوم نظرا لبعدها الشاسع تعتبر متساوية البعد عنا ، ولذلك تأتي الأشعة من كل منها على شكل حزم ضوئية فتتجمع بعد مرورها في العدسة عند البعد البؤري .

وتتوقف خواص الصورة على مساحة العدسة الشبكية ، أو بعبارة أخرى على مربع القطر S من ، وأهم خاصية للعدسات هي قدرتها على تجميع الأشعة الضوئية التي تناسب اضطرابا مع كبر العدسة . فالعدسة التي قطرها ١٢ بوصة مثلا قدرتها على تجميع الضوء تعادل أربع مرات قدرة عدسة قطرها ٦ بوصة

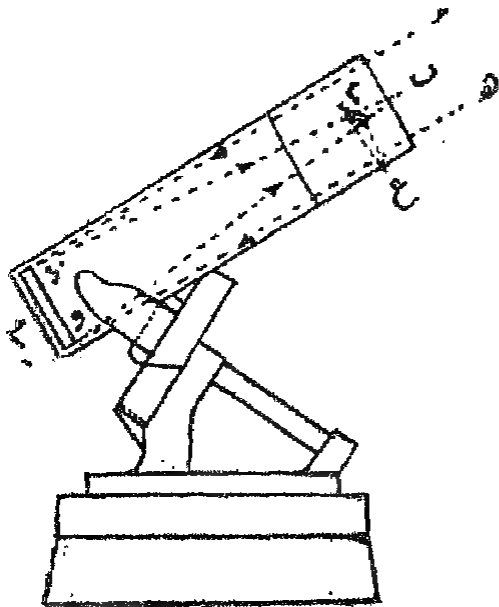
ويلاحظ أن الزاوية التي بين صورتين N ، N' عند M هي نفس الزاوية التي بين النجمين N ، N' ولذلك فإنه كلما كان البعد البؤري للعدسة كبيرا كانت المسافة التي بين صورتين نجمين كبيرة . والعين عبارة عن عدسة تجميع الأشعة الضوئية من أي جسم مضيء على الشبكة الحساسة . ويتكون المنظار ذو العدسات من عدسة كبيرة تسمى الشيئية تجمع الضوء المتشعع من النجوم ، وبعد مروره خلالها يتجمع في بؤرتها ، وعدسة أخرى تسمى العينية توضع بحيث تنطبق بؤرتها على بؤرة الشيئية ، ولذلك فإن الأشعة المتجمعة في البؤرة المشتركة تخرج بعد مرورها خلال العينية على شكل حزم ضوئية متوازية فتقع على العين ، وهذه تجمعها مرة أخرى على الشبكية فتحدث الأحساس بالرؤية .

ولما كان قطر عدسة العين هو $\frac{1}{4}$ بوصة على الأكثر نجد أن المنظار الذي قطر شيئته بوصة واحدة تبلغ قدرته على تجميع الضوء تسعة مرات قدرة العين المجردة ، ولهذا يمكننا نظريا أن نرى به نجوم ضوءها $\frac{1}{4}$ ضوء أخفت

النجوم التي ترى بالعين المجردة وهذه هي وظيفة المنظار .
 قوة تكبير المنظار : -- تقدر قوة تكبير المنظار بخارج قسمة البعد
 البورى للشئية على البعد البورى للعينية ، ولهذا فان من الممكن تغيير
 قوة تكبير المنظار ذو العدسات بتغير العينية وهو ما ينبع عادة .

المنظار العاكس : أول من ابتكر هذا النوع من المناظير هو العالم
 الشهير إسحاق نيوتن ولقد صنع بنفسه واحدا من هذا النوع .

ونستخدم في هذا النوع المرايا بدلا من العدسات ، فتوضع مرآة كرية
 كبيرة مقطوعا قطع مكافئ ، تعكس ضوء النجوم البعيدة — والتي تأتي
 على شكل حزم ضوئية متوازية — فتتجمع الأشعة بعد الانعكاس في بؤرة
 المرآة . وفي الطراز النيوتوني توضع مرآة أخرى أصغر مستوية مائلة على
 المحور الرئيسى للمرآة الكبرى بزاوية مقدارها ٤٥° للاحية البؤرة وتثبت
 فيما بين المرآة الكبرى وبؤرتها ووظيفة هذه المرآة أن تعكس الضوء
 ثانية وقبل تجمعه في بؤرة المرآة الكبرى . ويتجمع بعد الانعكاس الثانى في
 مستوي تثبت فيه العينية لرؤية الجرم السماوى أو الزجاج الفوتوغرافى لرسمه .



شكل ٣١

وبين شكل (٣٢) الأجزاء
 الرئيسية للمنظار العاكس واتجاه الأشعة
 الضوئية فالشعاعين ج د ، هـ و من
 نجم ما يقعان على المرآة الكبرى م .
 ثم ينعكسان في الاتجاهين د ب ، وب
 وقبل أن يتلاقيا في بؤرة



السديم الحلزوني . مسييه ٨١ ، في كوكبة الدب الأكبر
وترى النجوم متكشفة في الأزرعة



سديم المرأة المسلسلة

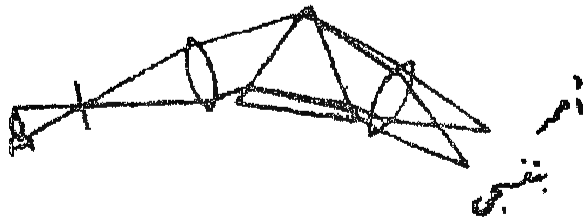
المرآة الكبرى ب ينعكسان انعكاسا ثانيا على المرآة الصغيرة ص ، وتتلاقى الأشعة في نقطة ع حيث توضع العينية أو الزجاج الفوتوغرافي . ومن الممكن أيضا تغيير البعد البؤري للمرآة الكبرى بطرق معينة .

والمنظار العاكس الموجود حاليا بمركز حلوان من هذا الطراز ، ويبلغ قطر مرآته الكبرى ٣٠ بوصة . وأكبر منظار عاكس في العالم هو المنظار الذي أقيم أخيرا في بلدة بالومار بأمریکا . وقد استغرق صنعه سنوات كثيرة ويبلغ قطر مرآته الكبرى مائتين بوصة ووزنها ١٤٥ طن .

وهناك طراز آخر للمناظير العاكسة يفضل استعماله في الأرصاد الطيفية ويسمى طراز كاسيجرين ، ويختلف عن الطراز النيوتوني في أنه توجد في المرآة الكبرى فتحة تنفذ خلالها الأشعة الضوئية المنعكسة على مرآة صغيرة كروية (بدلا من المستوية في المنظار النيوتوني) وتتجمع خلف المرآة الكبرى .
والمناظير الكبرى الحديثة تجمع بين الطرازين لتحقيق الأغراض المختلفة في الأرصاد الفلكية .

المطياف

من المعروف أنه عندما يمر شعاع من الضوء داخل منشور من الزجاج فإن سرعته الضوء تقل في داخل المنشور نسبيا عن سرعته في الهواء فينحني أو ينكسر نتيجة لذلك ، ويزيد الانكسار كلما قصرت طول الموجة .



(شكل ٣٢) مطياف منشوري

وعلى ذلك فإن مسار مركبات الضوء داخل المنشور يتوقف على أطوال موجاتها وعند خروج الأشعة من المنشور تتحلل

الى مركباتها من الألوان المختلفة ويأخذ كل لون اتجاها خاصا . ولأجل هذا يستعمل المنشور المثلثي المقطع في أحداث الأطياف لأن الأشعة الضوئية تنكسر داخله مرتين (شكل ٣٢) وبعد خروجها من المنشور تكون الأشعة البينفسجية في نهاية الحزمة ناحية قاعدة المنشور والحمراء في النهاية الأخرى .

والطريقة الثانية لأحداث الاطياف هي بجعل المركبات المختلفة تتمتع بمسارات مختلفة بدون وضع وسيط جديد في اتجاه الأشعة باستخدام الخاصية المعروفة بتداخل الضوء . ويستعمل لهذا الغرض المحزوز الحيـدى ويتكون من عدد كبير من سطوح غاية في الصغر، وهذه السطوح إما شفافة أو ذات قوة عاكسة كبيرة يفصل الواحد منها عن الآخر سطوح ضيقة وتصنع أمثال هذه المحزوزات بعمل خطوط متوازية عديدة على سطح زجاج صاف أو سطح معدني مصقول، بحيث تكون المسافات التي بين كل اثنين منها واحدة ويبلغ عدد هذه الخطوط عادة من ١٥٠٠٠ الى ٢٠٠٠٠ خط في البوصة الطولية.

ولما كانت سطوح الخطوط خشنة نسبيا وغير منتظمة نجد أنها تمتص أو تشتت الضوء الذي يسقط عليها بينما يمر خلال السطوح الأخرى التي بينها أو ينعكس عليها حسب خاصية المواد المصنوع منها المحزوز والنتيجة في الحالتين أن الضوء بعد مروره من المحزوز ينقسم إلى عدد كبير من مخروطات ضوئية صغيرة في جميع الاتجاهات ولو أننا نظرنا إلى هذه الأشعة من أى اتجاه لوجدنا أن جميع الأشعة — ما عدا أشعة ذات طول معلوم يحدده الاتجاه الذى ننظر منه — يحور بعضها البعض، وبعبارة أخرى لا نرى من اتجاه معين سوى لون معين . فلو أن لو نا ما لا يوجد في الشعاع الاصلى فانه لا يرى في اتجاهه ° المدين وهكذا يتكون الطيف .

وهناك نوع آخر من المحروزات يستغنى فيه عن كل من المظار أو العدسة
اللامه ويسمى المحروز المحذب وهو من النوع العاكس وقد رسمت السطوح
فيه على سطح محذب بدلا من سطح مستو .

وقرر قزح المعروف نوع من الطيف لضوء الشمس يتكون من تجمع نقط
في السحب، ولكنه ليس طيفا كاملا كالذي يتكون بالمطاياف وهو من النوع
المعروف بالطيف المستمر، والطيف المستمر الذي يمكن الحصول عليه
بواسطة مطاياف في المعمل يتكون من حزمة مستقيمة من الألوان المختلفة
تبدأ من إحدى نهاياتها بالأحمر فالأرجواني فالأصفر فالأخضر فالأزرق
ثم البنفسجي وتتمثل فيه جميع الموجات على اختلاف أطوالها بخطوط
تداخل في بعضها وتتكون الحزمة المستمرة .

ويمكن الحصول على الطيف المستمر من أشعاع أى جسم صلب أو سائل
بصرف النظر عن تركيبه الكيمايى .

ومن المعروف أننا لو رفعنا درجة حرارة قطعة الحديد فأننا في بادئ
الامر لا نكاد نحس أى تغيير في حالتها . ومع ذلك فأننا نعلم أن الحرارة
تتشع منها ، وتستطيع أن تتحقق بواسطة الطيف من أن الأشعاع يحدث
بالفعل بموجات أثرية أطول من أن تحدث الأحساس بالرؤية وبوسائل
خاصة يمكننا التحقق من وجود ابتداء طيف مستمر في منطقة ما تحت الأحمر ،
وكما ارتفعت درجة الحرارة تدريجيا لاحظنا في المطاياف أنه : —

- (١) تزيد كمية الإشعاع من كل نوع باستمرار
- (٢) كلما زادت درجة الحرارة ظهرت في الطيف خطوط الموجات الأقصر طولا
أما الأولى من هاتين النتيجةين فسببها ازدياد كمية الحرارة .

وأما الثانية فتوضح أن قطعة الحديد عندما بلغت درجة حرارة معينة أصبحت تشع أشعاعاً قصيراً قصيراً كافياً لأحداث الأحساس بالرؤية ونراها بعد ذلك ذات لون أحمر فالطيف المستمر يمتد حتى يبلغ ابتداء نطاق الرؤية

وكما ارتفعت درجة الحرارة بعد ذلك تتشعب الموجات الأقصر طولاً للأرجواني ثم الأقصر منها للأصفر تبعاً وتغلب على اللون الأحمر فترى قطعة الحديد بهذين اللونين مجتمعين، وهكذا لموجات الأخضر والأزرق وبما أن قطعة الحديد لا تزال تشع الأشعة الحمراء والصفراء فأنا لا نراها ذات لون أخضر أو أزرق بل بمحصلة هذه الألوان جميعها وهو الأبيض ومع ارتفاع درجة الحرارة فوق ذلك يتشعب البنفسجي وما فوق البنفسجي .

وتطبق هذه الحالة على أى جسم آخر صلب أو سائل طالما كانت درجة الحرارة أدنى من درجة تبخره ، فالطيف المستمر إذن ليس خاصية تميز نوع المادة المشعة للضوء أو تميز تركيبه الكيميائي وإنما هو صفة لحالتها الطبيعية أما إذا كان مصدر الضوء غازاً أو بخاراً مضيئاً فأنا نجد أن طيفه يختلف عما سبق ، فعدد الموجات محددة ويتكون طيفه من خطوط متفرقة تتفاوت قوة انفصالها عن بعضها مسافات مظلمة ، وكل خط منها هو عبارة عن صورة الفتحة التي ينفذ من خلالها الضوء في المطياف، وموضع كل من خطوط الطيف مقياس لطول الموجه التي تكونه .

فالطيف الخطي إذن يبين نوع المادة التي تشع الضوء وحالتها الطبيعية فإذ كان غازيتان مختلفتان من حيث التركيب الكيميائي مشعتان للضوء يكون طيفهما خطين غير متطابقين

وهكذا نجد أنه يمكننا تعيين العناصر الكيميائية لأي مادة بدراسة أشعاعها في المطياف بعد رفع درجة حرارتها إلى درجة التبخير

وتوجد ثلاثة طرق للحصول على الطيف الخطي للمواد وهي : (١)
اللمب (٢) القوس (٣) الشرارة السكر بائية . والطيف الناتج من القوس
لأي مادة هو نفسه الذي يتكون من اللهب من حيث خواصه الرئيسية مع
وجود خطوط إضافية ، وكذلك الطيف الذي يتكون من الشرارة السكر بائية
لا يختلف عن طيف القوس إلا في احتواء الأول على خطوط إضافية أخرى
كما أن بعض الخطوط في الأول تكون أضعف من مثيلاتها في الثاني وقد
يختفي بعضها . أما الخطوط التي تكون في طيف الشرارة أقوى منها في
طيف القوس فتسمى الخطوط التأثيرية أو الانفعالية

ومع ذلك فلايس الطيف الخطي النتيجة الوحيدة الطيفية لأشعاع غاز فقد
يكون الطيف حزمة ضوئية لطيف مستمر محددة عند أحد طرفيها أو عند
كليهما ، وقد تضعف أحيانا قوتها تدريجيا . ولو أننا كبرنا الحزمة تكبيراً كافياً
لوجدنا أن الحزمة مكونة من عدد كبير جداً من خطوط متلاصقة ومرتبطة
بانتظام ، وينشأ طيف الحزمة من أشعاع أبخرة المركبات الكيميائية بوجه
عام ومن أشعاع بعض العناصر الكيميائية في ظروف خاصة .

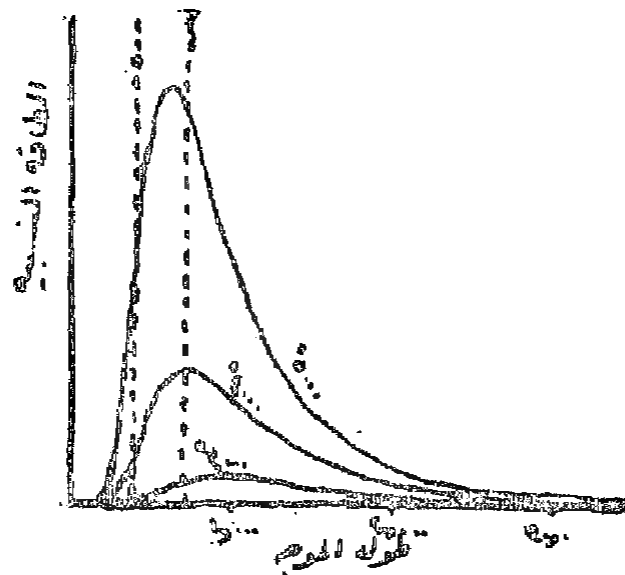
والثلاثة أنواع السالفة الذكر للطيف وهي الطيف المستمر والطيف الخطي
وطيف الحزمة جميعها أطيف أشعاع

وهناك نوع آخر من الطيف يسمى طيف الامتصاص ، وينشأ من وجود
جسم آخر شفاف أو نصف شفاف في طريق الأشعاع المستمر فقد

وجد أن هذا الوسيط يمتص أشعة ذات موجات معينة، ويتكون في مواضعها من الطيف خطوط مظلمة على وراء طيف مستمر للأشعة الأخرى التي لم تمتص.

أما إذا كان الوسيط بين مصدر أشعاع طيف مستمر وبين المطياف بخارا مشعاً درجة حرارته أدنى من درجة حرارة المصدر فإن الطيف الناتج يطابق تماماً الطيف الذي كان يحدثه الوسيط وحده ولهذا النوع من الطيف أهمية خاصة في البحوث الفلكية.

من ذلك يتضح أن هناك نوعين رئيسيين من الطيف (الأول) طيف الأشعاع (والثاني) طيف الامتصاص، وكل منهما يكون إما مستمر أو غير مستمر، والآخر إما أن يكون خطوطاً أو حزمة أو، كليهما، ومن تركيب الطيف نستطيع أن نعين التركيب الكيميائي للجسم المشع الذي يكونه وحالته الطبيعية. ومع أننا لا يمكننا الاستدلال على التركيب الكيميائي من طيف مستمر إلا أننا نستطيع معرفة درجة حرارة الجسم المشع من مدى امتداد الطيف في اتجاه البنفسجي.



(شكل ٣٣)

و يوضح (الشكل ٣٣) العلاقة بين طول الموجة وطاقة الأشعاع في درجات الحرارة المختلفة . ولاحظ أن طرف الطيف لناحية البنفسجي لا يتأثر بسرعة مع اختلاف درجة الحرارة ، ولذلك فإن استنباط درجة الحرارة من معرفة مدى الطيف لناحية البنفسجي ليست من الطرق الدقيقة ، وفضلا عن ذلك فإن الطيف يضعف تدريجيا في هذا الاتجاه بحيث يكون من الصعب جدا معرفة نهايته بالضبط في هذه الناحية

ومن ناحية أخرى نجد عند تطبيق هذه الطريقة في قياس درجة حرارة النجوم أنه رغم أن درجة حرارتها عالية جدا وأن أشعاعها يمتد كثيرا في ناحية ما فوق البنفسجي فإن الهواء المحيط بالأرض يحول دون وصول هذه الأشعة كلها إلى المطياف فلا يمر منه إلا أشعة لا تعدى في قصر الموجة حدا معيناً ولذلك نجد أن طيف النجوم المختلفة يصل في المطياف إلى حدود واحدة .

من أجل هذا لا يمكن استخدام هذه الطريقة لاستنباط درجة حرارة النجوم ، أما الطريقة الثانية لاستنباط درجة حرارة الجسم المشع للضوء فهي بقياس كمية الإشعاع غير أنه عند استخدامها في قياس درجة حرارة النجوم يجب ملاحظة ما يأتي .

أولا - يفقد الإشعاع جانبا من طاقته أثناء مروره من الغلاف الهوائي المحيط بالأرض .

ثانيا - تتوقف كمية الطاقة التي تصلنا من حجم على مقدار بعده من الأرض .

ثالثاً - يجب عند المقارنة أن تنسب دائماً الى وحدات متساوية من سطوح الأجسام المشعة لانه من المسلم به أن كمية الاشعاع من جسمين درجة حرارتهما واحدة تختلف باختلاف مساحتهما .

ولما كان عدد النجوم المعروف أبعدنا من الأرض ومساحة سطحها محدود جداً نجد أن هذه الطريقة بدورها لا يمكن استخدامها عملياً في تعيين درجة حرارة النجوم بالسهولة التي كنا نتصورها .

ولكننا لو أمعنا النظر في المنحنيات السالفة الذكر (شكل ٣٣) نجد أن كمية الطاقة عند أى درجة حرارة معينة ليست واحدة في الطيف كله أى في الموجات الضوئية المختلفة الطول بل نلاحظ أنها موزعة بحيث أن الجانب الأكبر منها تشعه موجات معينة ذات طول معلوم كما نلاحظ أن الموجات التي تعطى الطاقة الأكبر نسبياً ليست واحدة في المنحنيات المختلفة بل أن طولها يقل كلما زادت درجة حرارة المصدر المشع .

ولقد وجد ان العلاقة التي تربط طول الموجة التي تحمل أكثر طاقة في الطيف المستمر ودرجة الحرارة المطلقة للمصدر المشع دائماً ثابتة ويربطها القانون الآتي : -

$$\lambda T = \text{مقدار ثابت}$$

وفي ذلك λ هي طول الموجة ذات الطول الأكبر بوحدات الانجستروم وهو الوحدة المستعملة في قياس طول الموجة وتساوى 10^{-8} من السنتيمتر وهو اسم العالم السويدي . انجستروم الذي كان أول من توصل الى المقاييس الدقيقة للموجة الضوئية

أما T فهي درجة الحرارة المطلقة للمصدر المشع .

$$\lambda T = 29,40 \times 10^8$$

غير أنه يجب أن نلاحظ أن كمية الاشعاع لا تتوقف فقط على درجة حرارة الجسم المشع بل على طبيعة السطح أيضا فالسطوح المصقولة تشع من الطاقة أقل نسبيا من السطوح غير المصقولة في درجة الحرارة الواحدة والثابت المذكور هو للجسام التي تشع أقصى ما يمكن من الطاقة المعادلة لدرجة حرارتها .

ولأجل تطبيق العلاقة المذكورة على النجوم نفترض أن سطوح النجوم هي من النوع الأخير والا كانت درجات حرارتها المستنتجة بهذه الطريقة أقل من درجة حرارتها الحقيقية . والمعتقد أن اشعاع النجوم يشابه الى حد كبير هذه الحالة المثالية ولذلك فإن الأرقام المستنبطة على أساس العلاقة السالفة الذكر لدرجات حرارة النجوم لا تبعد كثيرا عن الحقيقة .

والآن نذكر أننا عند كلامنا على الطيف الخطي قلنا أنه يمكن استنباط التركيب الكيميائي للمصدر المشع من مواقع الخطوط اذ تظهر في الطيف خطوط قدل على نوع كل عنصر من العناصر الكيميائية التي تحويها مادة المصدر المشع . ولقد وجد أن لبعض العناصر خطا أو خطين تظهر في الطيف في ظروف خاصة ولذلك يجب دراسة الشروط الضرورية لحدوث الانطاف المختلفة وتميز الخطوط الطيفية بقياس أطوال الموجات الدالة عليها بكل دقة .

ولما كان من الصعب جدا قياس أطوال الموجات في كل مرة بطريقة مباشرة فقد وجد أن من الأسهل عمليا مقارنة الخطوط الطيفية بطيف رئيسي يحتوى على عدد كبير من الخطوط الطيفية المعروف أطوال الموجات الدالة عليها بكل دقة كالطيف القوسى للحديد مثلا . ونظرا لاختلاف ظروف الاشعاع في النجوم عن ظروف الاشعاع الذى يمكن اصطناعه في المعامل

نجد أحيانا أن الخطوط الطيفية لبعض العناصر في بعض النجوم أو السدم قد لا تكون بالشكل المألوف لاطيافها ، ويحتوى طيف الشمس على عدد كبير من الخطوط لم يعرف الآن ما تدل عليه ، ومن المعتقد أنها مواد في حالات طبيعية غير مألوفة لنا على سطح الأرض فشكل للطيف يتوقف دائما على الحالة الطبيعية للمادة المنسعة للضوء فأى تغير من أى نوع ينشأ عنه تغير في أطوال الموجات المتشعة ويتبع ذلك زحزحة الخطوط الطيفية .

زحزح الخطوط الطيفية وانقسامها

وهناك عوامل أخرى ينتج عن وجودها زحزحة الخطوط الطيفية وهذه العوامل هي :

أولا — الحركة النسبية بين الجسم المشع للضوء والراصد .

ثانيا — الضغط في الجسم المشع للضوء .

ثالثا — وجود مجال مغناطيسى .

أما العامل الاول ، فهو ما يسمونه عادة (تأثير دبلر) ولا يوضح تأثيره في زحزحة الخطوط "طيفية" ، نفرض أن (م) مصدر اشعاع و ص الراصد و س البعد بينهما ولنفرض أن هذا البعد يعادل سرعة الضوء في الثانية ودلي ذلك نصل الموجات الضوئية من م الى ص في نهاية الثانية منذ لحظة تشععها من المصدر فلو رمزنا لطول الموجة بالحرف λ ولذبذبة بالحرف τ .

فإن $s = \lambda \tau$

فلو فرضنا أن مصدر الاشعاع م يتحرك في اتجاه الراصد ص بسرعة قدرها s تساوى m نجد أن ت من الموجات التي تنشع في ثانية تنحصر في مسافة قدرها m ص بدلا من s .

ولكن $m = s - s$
 $\frac{s}{s - s} = \frac{l}{l'}$
 وعلى ذلك يكون طول الموجة في هذه الحالة l' ويكون

$$\frac{l}{s - s} = \frac{l'}{s}$$

$$\text{أو } l' = (l - s) \frac{s}{s}$$

فبقياس هذه الكمية l' يمكننا استنباط سرعة المصدر المشع في اتجاه الراصد وذلك بمعرفة قيمة كل من s ، l .

وتزحزح الخطوط الطيفية لناحية البنفسجى اذا كانت حركة الجسم المشع في اتجاه الراصد ، وإلى ناحية الأحمر اذا كانت حركة الجسم المشع في الاتجاه المضاد.

فاذا كانت حركة الجسم المشع بالنسبة للراصد في غير اتجاه الخط الواصل بينهما ففقدار التزحزح في الخطوط الطيفية يدل على مركبة السرعة النسبية بينهما في هذا الاتجاه .

أما العامل الثانى الذى ينشأ عنه تزحزح الخطوط الطيفية فهو من نوع آخر لان الضغط الواقع على المصدر المشع سواء بإدخال غاز آخر أو بضغط

الجسم نفسه المشع ينتج عنه مباشرة أن تصغر المسافات التي بين الذرات نسبيا فيزيد سمك الخطوط الطيفية ، وفي الوقت نفسه تتزحزح مراكزها الى ناحية الأحمر من الطيف ومع ازدياد الضغط يزيد سمك الخطوط الطيفية ويبدأ الطيف الخطي كله يتحول الى طيف مستمر .

أما ظاهرة تأثير الخطوط الطيفية بالمجال المغناطيسي فهو من أهم الظواهر الطبيعية الأساسية في إيضاح العلاقة بين الضوء والمغناطيسية التي تنبأ بها (لورنتز) نظريا وأبرزها (زيمان) بعد ذلك عمليا بوضع مصدر إشعاع بين قطبي مغناطيس قويين ، ووجد في بادئ الأمر أن الخطوط الطيفية يزيد سمكها ثم تنفلق الى مركبات ، وفي الأحوال العادية وجد أن كلا من الخطوط الطيفية ينقسم الى مركبتين على جانبي مركزها متماثلة بالنسبة لموقعه الأصلي قبل إيجاد المجال المغناطيسي ولا يرى الخط الأصلي في اتجاه المجال المغناطيسي .

ونظرية لورنتز أن الإشعاع نتيجة تذبذب الذرة ، أما تجربة زيمان فقد أثبتت وجود وحدات للمادة أصغر من الذرة نفسها ، وأن الشعاع الضوئي يتكون من موجات تتذبذب في جميع المستويات المارة باتجاه الأشعة وأنه عند جعل الذبذب في مستومعين تحدث ظاهرة الاستقطاب المعروفة في الضوء كنتيجة لذلك ويكون الاستقطاب في الاتجاه العمودي المستوى الذبذبة أي أن الضوء الذي يحتوي على ذبذبات رأسية يكون مستقطبا في المستوى الأفقي .

الأياف النجومية

لا يختلف المطياف المستعمل في الأرصاد الفلكية كثيرا عن المطياف المستعمل في معامل الطبيعة والذي سبق وصفه وعند تركيبه على المنظار

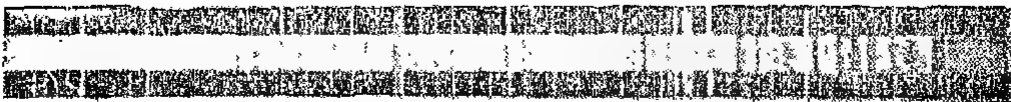
تنزع العينية ويوضع المطياف بحيث تقع فتحته على صورة النجم المطلوب رسم طبقته . ونظرا لأن النجوم تبدو صغيرة جدا بسبب بعدها الكبير في أعماق الفضاء الحقيقية فإن الخطوط الطيفية لا تكون ذات سمك يسمح بدراسة دقيقة وقياس مواقعها ولهذا يجب تحريك صورة النجم في مجال الرؤية حركة بطيئة ذهابا وجيئة مع الاحتفاظ بقدر الامكان بحفظ درجة الحرارة ثابتة أثناء عمل الصورة .

وفضلا عن أن كمية الضوء التي تصلنا من النجوم ضئيلة فإن جانبها منها يفقد داخل المطياف ولذا يجب أن تكون مدة تعريض اللوح الفتوغرافي في عمل الأطياف النجومية طويلة .

ومن دراسة الأطياف النجومية وجد :-

(١) أن الخطوط الطيفية تدلنا على أن العناصر الكيميائية المعروفة على الارض موجودة في النجوم ونو أنها قد تكون في حالات طبيعة تختلف عن الحالات المألوفة لنا .

(٢) تقدر نسبة أطياف الامتصاص في اطياف النجوم التي عرفت للآن بنحو ٩٩٪ مما يدل على أن النجوم تتكون من أجسام ضخمة تشع الطيف المستمر ويحيط بها أجواء من أبخرة مشعة بالضوء أبرد نسبيا .



(شكل ٣٤) طيف السماء الرامح وطيف التيتانيوم للمقارنة

ولقد حاول الكثيرون تصنيف الأطياف النجمية بطرق مختلفة أهمها تصنيف سيغشي وتصنيف مرصدها رفارذ الذي بدأه منذ عام ١٨٨٥ تخليداً لذكرى هنري دريبر ولهذا يسمى تصنيف دريبر .

وطريقة هانفارد مؤسسة على اختلاف بعض خطوط طيفية معينة
في الأطياف النجومية من حيث القوة فإذا بدت مجموعة من هذه
والخطوط بشكل بارز في أحد من الأطياف رمز إليه بحرف من الحروف الآتية:

ب ا ف ح ل م

وذلك حسب نوع المجموعة . وقد وجد أن أكثر من ٩٩ ٪ من
الأنواع النجمية يدخل ضمن هذه الستة أنواع . أما الباقي فبعضه يرمز
إليه بالحرف η وهناك قسم صغير من النجوم الجراء يرمز إليه بالحرف ρ

وبعض الأطياف يمتاز بازدياد قوة خطوطه وهي التي يرمز إليها بالحرف و أما أطياف السدائم الغازية فيرمز لها بالحرف ط .

وقد لوحظ أن أطراف النوع الواحد ليست متماثلة تماما فقسمت إلى أقسام فرعية واستعملت الأعداد والحروف الهجائية في تعيينها ، فالنموذج الطبقى ط له أقسام فرعية هي ط_١ ، ط_ب ، ط_ح ، ط_ز وهكذا أما الأقسام الفرعية التي بين ب و ج فيرمز إليها بنفس الحروف مضافا إليها أعداد من صفر إلى تسعة .

والجدول الآتي يحتوى على بيان بالتماذج الطيفية النجمية المختلفة ومميزاتها وما تبدل عليه من خواص الأجسام المشعة للضوء .

أمثلة	مميزاتها وما تدل عليه	التصنيف الطبي في		
		أسماء أخرى	ط	و
سديم الجبار	خطوط لامعة للايدروجين وهليوم متأين وعناصر أخرى غير معروفة.	سديمي	ط	و
النجم ح من كوكبة القلاع	خطوط لامعة للايدروجين وهليوم متأين وكريون وفنتروجين واكسجين وخطوط أخرى لعناصر غير معروفة.	ولف روابت	و	ب
السماك الأعزل والنجوم ب ح د هـ من كوكبة الجبار	خطوط قائمة للايدروجين والهليوم غالب ، واكسجين وسيلكون متأين ومغنيزيوم وكسيوم.	الجبار الهليوم	ب	ف
الشعري اليمانية النسر الواقع ورأس الثور أم المقدم	الايدروجين غالب، خطوط ضعيفة لمعادن غير متأينه.	١	٢	٣
الشمس والعيوق	خطوط الايدروجين أقل نسبيا من طيف ١ وخطوط المعادن أقوى . كسيوم متأين ذو خطوط قوية. خطوط معادن قوية بعض خطوط معادن متأينه أهمها الكسيوم.	شاميه (١) شمس	٣-١ م	ح

أمثلة	مميزاتها وما تدل عليها	التصنيف الطيفي		
		أسماء أخرى	رقم	ملاحظات
الدبران ورأس التوائم المؤخر والسماك الرامح	خطوط أضعف وخطوط المعادن غير المتأينة أقوى عما هي في ح	راحيه (٢)	٢	ل
رأس الجاني وقلب والعقرب	حزمات لا أكسيد التيتانيوم خطوط غير متأينة .	عقريه (٣)	٣	م
	حزمات طيفية للكربون وخطوط معادن غير متأينة أهمها الكسيريوم			ر
١٩ الحوت ١٥٢ شيلوب	حزمات طيفية أقوى من السابقة للكربون . طرف الطيف للاحية البنفسجي أضعف		٤	هـ
	حزمات امتصاص . بعض أكسيد التيتانيوم خطوط المعادن غير المتأينة . خطوط قوية للحديد المتأين .			س

(٢) نسبة إلى السمك الزامح

(١) نسبة إلى الشعري الشامية

(٣) نسبة إلى قلب العقرب

الباب الرابع

انكسار الأشعة الضوئية وزيف الضوء

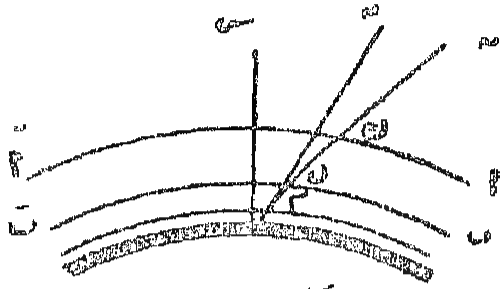
ان اتجاهات الأجرام السماوية التي تعيينها آلات الرصد ليست سوى اتجاهات ظاهرية ، فهناك عوامل مختلفة تجعل الاتجاهات التي ترى فيها الأجرام السماوية في السماء لا تطابق بالضبط مواقع هذه الأجرام مثل حركة الراصد بالنسبة لمركز الأرض وحركة الأرض نفسها في الفضاء وانكسار الأشعة الضوئية في الغلاف الهوائي المحيط بها والتغير الناشئ في أحداثيات الأجرام السماوية نتيجة تقهقر الاعتدالين . وسننقص الكلام هنا على انكسار الأشعة الضوئية المعروف عادة بالانكسار الفلسفي وزيف الضوء الناشئ عن حركة الراصد في الفضاء .

انكسار الأشعة الضوئية

من المعروف أن الأرض يحيط بها غلاف شفاف من الهواء ولذلك فإن الأشعة الضوئية التي تنشع من الأجرام السماوية والتي تكون مساراتها في الفضاء الخارجي خطوط مستقيمة - عند مقابلتها للطبقة الهوائية تنكسر فيها وتميل عن مساراتها الأصلية حسب خاصية الضوء المعروفة بالانكسار .

ولما كانت كثافة الهواء المحيط بالأرض تختلف باختلاف علوه فوق سطحها وتزيد اضطرابا كلما اقتربنا من سطح الأرض فإن الشعاع الضوئي ينكسر

بإستمرار عند خروجه من طبقة إلى طبقة أكتشف منها في اتجاهه نحو الأرض وينحرف دائما نحو العمودى على السطح في كل مرة .



شكل (٣٥)

فلو فرضنا أن أحد النجوم (شكل ٣٥) والخطوط المتوازية AB تمثل طبقات الهواء فوق الراصد $ص$ ، فالشعاع الضوئى $ن$ لـ

المنبعث من $ن$ عند دخوله الطبقة الأولى $ن$ ينكسر في الاتجاه الجديد $ل$. وعند مروره في الطبقة التالية الأكثر كثافة من الأولى ينكسر مرة ثانية وبأخذ الاتجاه $ص$ ، وهكذا حتى يقع على عين الراصد فيرى النجم $ن$ أخيرا على امتداد الخط الأخير من الخط المنكسر أى في الاتجاه $ص$ $ن$ بدلا من $ص$ $ن$. ونظرا لتعدد طبقات الهواء المختلفة الكثافة ، فمسار الضوء داخل الطبقة الهوائية يكون منحنيا والزوايا التي بين الاتجاه الحقيقي للنجم واتجاهه الظاهري تسمى الانكسار الفلكي ، ويزيد اضطرابا مع البعد السمى للنجم ويبلغ أقصاه (حوالى نصف درجة) عندما يكون النجم على الأفق وينعدم عند ما يكون النجم في سمت الرأس .

ولما كان مقدار الانكسار في الضوء يتغير بتغير حالة الغلاف الهوائى من حيث الحرارة والضغط الجوى فقد وضعت جداول كثيرة لاستنباط الانكسار الفلكي لأى نجم إذا عرف بعده السمى ودرجة الحرارة والضغط الجوى وأهم هذه الجداول جداول تشمبرز Champers وجداول مرصد باسكوف . والجداول الآنمأخوذة عنها ، والعامود الثانى هو الانكسار الفلكي المتوسط عند درجة حرارة ٥٠° فهرنهيت وضغط جوى ٣٠ والعامودين الآخرين ، التغير في الانكسار الناشئ عن تغير الحرارة والضوء

التفسير في		متوسط الإلتكسار	البعد السمتي الظاهري
١٠ فهرست	٩ بوصة زئبق		°
٠.٠٢ —	٠.٠٣ +	١٠.٢	١
٠.١٠ —	٠.١٧ +	٥٠.٩	٥
٠.٢١ —	٠.٢٤ +	١٠.٢٧	١٠
٠.٣١ —	٠.٥٣ +	١٥.٦٠	٥١
٠.٤٢ —	٠.٧٢ +	٢١.١٩	٢٠
٠.٥٤ —	٠.٩٢ +	٢٧.١٥	٢٥
٠.٦٥ —	١.١٥ +	٣٣.٦٠	٣٠
٠.٨٠ —	١.٣٨ +	٤٠.٧٥	٣٥
٠.٩٦ —	١.٦٦ +	٤٨.٨٢	٤٠
١.١٤ —	١.٩٧ +	٥٨.١٦	٤٥
١.٢٤ —	٢.٢٣ +	٩.٢٣	٥٠
١.٣٦ —	٢.٣٨ +	٢٣.٠	٥٥
٢.٠ —	٣.٢٤ +	٤٠.٥	٦٠
٢.٠٤ —	٤.٢٢ +	٤.٢٢	٦٥
٢.٥١ —	٥.٢٤ +	٢٨.٦	٧٠
٤.٢٣ —	٧.٣٣ +	٢٣.٩	٧٥
٦.٥ —	١٠.٩ +	١٩.٠	٨٠
١٢.٩ —	٢٠.٣٣ +	٥١.٤	٨٥
٦٨.٦ —	٧٦.٥ +	٢٤ ٣٢.١	٩٠

زيغ الضوء

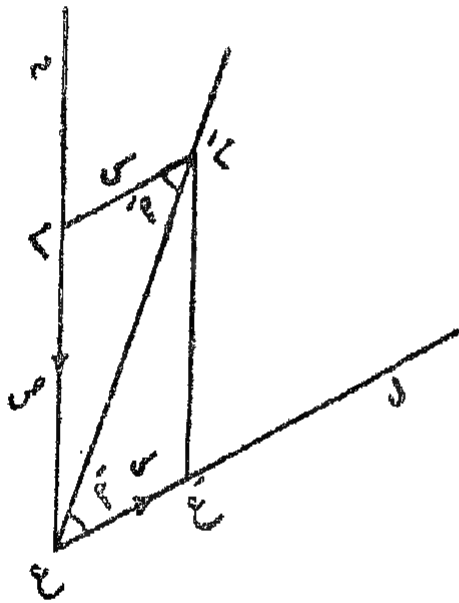
اكتشف هذه الظاهرة الفلكية الإنجليزي برادلى عام ١٧٢٥ عندما كان يحاول تحقيق الاختلاف الظاهري لمواقع النجوم الناشئة عن دوران الأرض حول الشمس . وكان قد اختار لتحقيق ذلك أخذ أرصاد زوالية لنجوم قريبة من سمت رأسه من بينها النجم (ح التنين) وذلك لتفادى الأخطاء الناشئة من انكسار الضوء .

وبدأ برادلى أرصاده في ديسمبر وسرعان ما تبين أن اتجاه هذا النجم ينحرف باضطراب نحو الجنوب وأن الانحراف قد بلغ أقصاه في مارس ومن ثم بدأ الانحراف ينعكس اتجاهه أى نحو الشمال وأخذ انحرافه شمالا يزيده اضطرابا حتى بلغ أقصاه في سبتمبر . ووجد أن الفرق بين أقصى الاتجاهين هو ٤" . وبدراسة التغير في مواقع هذا النجم أدرك برادلى أن مثله لا يمكن أن يعزى إلى حركة الأرض حول الشمس وإلا كان اتجاه التغير في موقع النجم في اتجاه الشمس دائما ، بينما أن هذه الأرصاد تدل على أن اتجاه التغير في الاتجاه العمودى على اتجاه الشمس ، فالمطلع المستقيم للنجم (ح التنين) هو ١٨ ساعة تقريبا ولهذا يعبر خط الزوال في ٢١ مارس عندما تكون الشمس على الأفق شسرقا . فلو كان هذا التغير ناشئا عن دوران الأرض لوجب أن يكون الانحراف في ذلك الحين إلى الشرق بدلا من الجنوب ، وإلى الغرب بدلا من الشمال في سبتمبر

وفي عام ١٧٢٩ نشر برادلى تفسيراً لهذه الظاهرة فعزا مثل هذا التغير في موقع هذا النجم إلى سرعة الراصد في الفضاء النسبية من وجوده على

أرض متحركة وإلى كون الضوء المتشعع من النجوم له سرعة محدودة ، وأثبت على أساس نظريه نيوتن عن طبيعة الضوء أن الاتجاهات الظاهرية للنجوم هي محصلات هاتين سرعتين فالنجوم تبدو للراصد على الأرض كما يبدو رذاذ المطر لمسافر في قطار مائلة على الخط الرأسي .

ولأيضاح ذلك نفترض أن n أحد النجوم n ع عين الراصد n ع ع له اتجاه حركة الراصد في الفضاء ، ولنفرض أن سرعة الراصد في الفضاء n ع



يمثلها الخط n ع وسرعة الضوء من النجم n ع يمثلها الخط n م . فإذا رسمنا متوازي الأضلاع n ع n م فإن الاتجاه الذي يرى فيه النجم n هو محصلة هاتين سرعتين ، أي الخط n م . والانحراف الناشئ عن زيف الضوء هو إذن الزاوية n ع م .

فإذا فرضنا أن الزاوية n ع ل = ١ والزاوية n ع م = ٢ فمقدار

الانحراف $١ - ٢$ وتطبيقا لقوانين الحركة نجد أن

$$\frac{س}{ص} = \frac{(١ - ٢)}{١} \text{ أي أن } \frac{س}{ص} = \frac{(١ - ٢)}{١}$$

وتسمى الزاوية ١ اتجاه حركة الأرض (Way Earths)

$\frac{س}{ص}$ معامل زيف الضوء ومقداره صغير جدا لأن سرعة الضوء $ص$ =

١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية وسرعة الأرض في مدارها $= \frac{١}{١٨}$ ميل في الثانية

ويبلغ زيف الضوء للنجوم العمودية على اتجاه حركة الأرض ٤٧ ر. ٥. ٥.
ثانية قوسية . وبما أن اتجاه حركة الأرض دائب التغير نجد أن زيف الضوء
لأى نجم يتغير بمرور الأيام أثناء السنة بحسب موقعه من سطح الكرة
السموية ، فالنجوم التي عند قطب الدائرة الكسوفية حيث اتجاهاتها عمودية
على اتجاه حركة الأرض يكون زيف الضوء لها ثابت المقدار ولكن اتجاهه
متغير على الدوام . أما النجوم التي في مستوى الدائرة الكسوفية فتبدو
مواقفها تنذبذب في خط مستقيم طوله ٤١ ثانية قوسية . والنجوم التي في غير
هذين الاتجاهين يتغير زيف الضوء لها حسب مقدار عرضها السماوي .



الباب العاشر

نظريات كونية

تطور السدائم — النجوم المزدوجة — النجوم العملاقة والأقزام .
— مولد الأرض وأخوانها السيارات — عمر الأرض

رأينا في الفصول السابقة أن السكون يحتوى على عدد كبير من أنظمة كونية يفصل الواحد منها عن الآخر مسافات شاسعة حتى بالنسبة لحجومها الكبيرة . وكأن هذا السكون محيط عظيم قد برزت فوق مستوى سطح الماء فيه جزائرها وهناك ذات مساحات مختلفة ، أكبرها فيما يبدو الآن النظام المجرى الذى يشتمل على النجوم التى نراها ومن بينها الشمس وتوابعها ، ومن أجل هذا يشبه بمقارة كونية فى هذا النموذج للسكون .

أما الأنظمة الأخرى فهى السدائم الخارجة عن المجرة . وقد تكلمنا عنها وعن النظام المجرى آنفا من الناحية الفلكية . وسنعرض هنا لبعض النظريات الكونية عن كيفية نشوئها وتطورها ، واسكن يجب ان نذكر بادىء ذى بدء أن هذه النظريات — لحداثة عهدها — لم تدبأ بعد وأن بعض حقائقها لا تقوى على النقد برغم ما تبعته فى النفس من روعة الخيال .

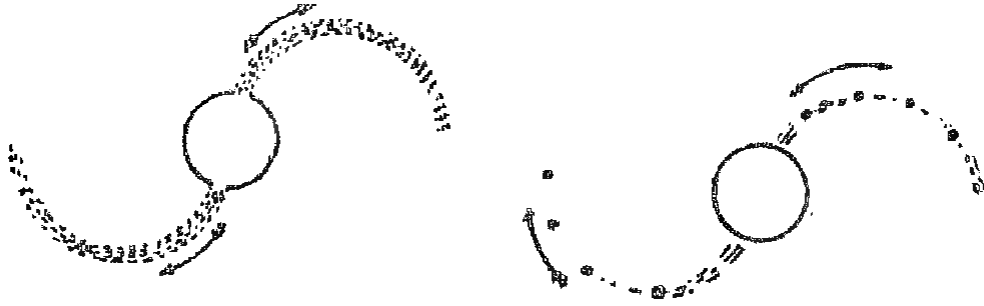
تطور السدائم

يعتقد علماء الكونية وفي مقدمتهم الأستاذ جيسينز أن النجوم تتكون من مادة السدائم . أما العوامل الأساسية لهذا فهي (أ) المادة السديمية الغازية (ب) خاصية الجاذبية التي أودعها الله في المواد (ح) الحركة الدورانية للسدائم المفروض وجودها أصلاً . وللفرض الأخير أهميته وبدونه لا تتكون النجوم من السدائم بل يظل كل سديم محتفظاً بشكله الكروي وينكمش نتيجة تجمذب مادته وتزيد كثافته اضطراراً

فاذا افترضنا خلق الحركة الدورانية في السديم فإنه يذبح نتيجة لذلك كانبعاث الأرض عند قطبيها ، وفي الوقت نفسه تتجاذب جزيئاته فيقل حجمه ، وكلما زاد انكمشه زادت السرعة الدورانية حسب قوانين الحركة فتزيد تبعاً لذلك درجة انبعاجه حتى يصير عدسى الشكل ، فاذا زاد انكمشه عن هذا الحد كان عرضة لانفصال بعض مادته تحت تأثير الجاذبية من جسم خارجي كسديم آخر . فالسدائم رغم المسافات الكبيرة التي تفصل الواحد منها عن الآخر لا يمكن اعتبارها منعزلة كلية .

وتأثير الجسم الخارجي يشبه ما تحدثه الشمس والقمر من المد على سطح البحار في الأرض أما في السديم فينتج عن هذه القوة الخارجية خروج المادة من طرفي قطبيه اتجاه الجسم الخارجي ، وينشئ شكلها بسبب دوران السديم كما في (الشكل ٢٧) ، ثم لا تلبث هذه المادة السديمية أن تتكشف نتيجة تجاذب بعض أجزائها . ولا بد أن تكون كمية المادة المنفصلة كبيرة كما يحدث التكشف والا تشتت في الفضاء ولقد قدر الأستاذ جيسينز وزن الكتل

المسكفة على أمتاس هذا الفرص وفي ضوء الشرائين الطبيعية المبروفة ووجد
أنها تعادل الأوران المبروفة للنجوم .



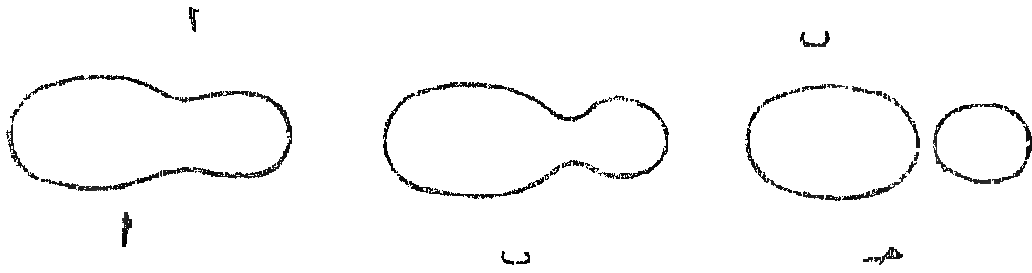
شكل (٣٧)

في ضوء هذه النظرية ينشأ السديم دواراً ، ونتيجة للدوران والانكماش
الناشئ من تجاذب أجزاء مادته ينبعج فيصير بيضياً ثم عدسياً ، وتحت تأثير
الجاذبية من جسم خارجي يصير حلزونياً وتتكون النجوم عند أزراعة
الحلزون (شكل ٣٧)

فالشكال المختلفة للسدائم الخارجة عن الهجرة هي إذن حلقات التطور
لسديم الواحد، ووجودها في السكون مما يؤدي هذه النظرية . ويمثل نظامنا
المجرى في ضوء هذه النظرية آخر مراحل التطور السديمي حيث تكثفت
جل مادته إلى نجوم .

النجوم المزدوجة

أن العوادل السائفة في تطور السدائم هي نفس العوامل التي ينشأ عنها
انقسام النجم الواحد على نفسه فالدوران والانكماش ينشأ عنهما انبعاج
لنجم ، وعند ما تبلغ السرعة الدورانية حداً كافياً ينقسم النجم على نفسه
تحت تأثير الجاذبية من نجم آخر (شكل ٣٨)



شكل (٣٨)

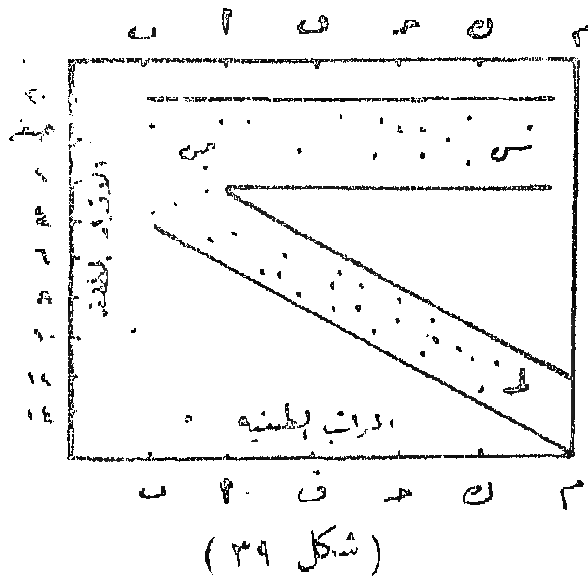
ونظرية جينز في انقسام النجوم يفترض فيها أن الكثافة في مادة النجم تبلغ عندئذ كثافة الماء وهي كثافة نجوم المرتبة الطيفية ب ، ولابد أيضا لانقسام أى نجم على نفسه من أن تبلغ السرعة الدورانية حداً كبيراً ، فسرعة الشمس الدورانية أقل بكثير من هذا الحد .

وعند ما ينقسم النجم إلى مركبتين ينشأ عن التأثير المدى لكل واحدة منهما على الأخرى ازدياد البعد بينهما ، ولهذا فالمعتقد أن المزدوجات الطيفية تصبح على مرور الزمن الطويل من دوجات بصرية .

العالمقة والأقزام

اكتشف هر تسبرنج عام ١٩٠٥ أن نجوم المرتبة الواحدة من المراتب ف ، ج ، ك ، م أما أن تكون نجوم كبيرة تشع الضوء بكميات كبيرة جداً أو صغيرة تشع كميات من الضوء أقل بكثير ، ووجد أنه لا توجد في نجوم المرتبة الواحدة من المراتب الطيفية السمانفة حالات وسطى ، وأطلق على النوع الأول اسم العالمقة وعلى الآخر الأقزام .

وفي عام ١٩١٣ أوضح رسل هذه الظاهرة برسم يأتى اشتهر باسمه فيما بعد لنحو ثلاثمائة نجم من مراتب طيفيه مختلفه (شكل ٣٩) . ويتضح من هذا



الرسم أن نجوم المراتب الطيفية بين ك ، م مثلاً أما أن تكون نجوم كبيرة تتراوح أقدارها المطلقة بين - ٢ ، - ٢ أو خافتة الضياء تتراوح أقدارها المطلقة بين + ٨ ، - ١٤ .

وقد ذكرنا أنفسنا عند كلامنا على أقدار النجوم أنه إذا كان الفرق بين قدرى نجمين خمسة من وحدات الأقدار فإن أحدهما يبلغ في شدة ضوئه مائة مرة شدة أضواء الآخر . ومن هذا يتضح أن النجوم العملاقة تبلغ في شدة توهجها بالضوء عشرات آلاف المرات شدة أضواء الأقزام التي من نفس المرتبة الطيفية . وقد أبدت الأرصاد التي أخذت بعد عام ١٩١٣ هذه الحقيقة . ويلاحظ أيضاً أنه ليس بين نجوم المرتبتين ب ١ و أ أقزام بل أن جميعها من العملاقة . وأثبتت الأبحاث على أن كثافة المادة في العملاقة نقل تدريجياً في المراتب الطيفية وتبلغ ب ١ كثافة الماء لعملاقة المرتبة ب . أما في الأقزام فإن الكثافة تزيد اضطراباً حتى تعادل كثافة الماء في المرتبة ح وأكثر من ذلك لنجوم المرتبتين ك و م .

وقد حاول رسل تحليل هذه الحالة فزعم بأن النجوم جميعها تبدأ حياتها كعملاقة من المرتبة الطيفية م حيث تكون كثافة مادتها أقل من كثافة الهواء ثم تمكن تدريجياً نتيجة فقدان الطاقة وتأثير الجاذبية ، فترفع درجة حرارتها حتى تبلغ المرتبة الطيفية ب حيث تبلغ الكثافة درجة لا تتعادل عندها

الزيادة في درجة الحرارة الناشئة من الانكماش مع ما تفقده من الطاقة بالإشعاع فتبرد وتنكش وتمر في الاتجاه الطيفي من ب إلى م كواحدة من الأقزام .

غير أن هذه النظرية لم تقو على النقد العلمي بعد اكتشاف الأقزام البيضاء مثل النجم المعروف بقمرين الشعري اليمانية ، حيث تبلغ كثافة المادة فيها مئات المرات كثافة أثقل العناصر الكيماوية المعروفة . وحفز ذلك بعض العلماء وعلى رأسهم الأستاذ أدنجتون إلى دراسة عناصر التوازن في داخل النجوم .

الإشعاع النجمي

أن الطاقة التي يشعها نجم على شكل ضوء وحرارة تأتي من داخل النجم نفسه حيث تبلغ درجة الحرارة والضغط حدا عظيما ثم تنساب نحو الفضاء شعاعا . ويعزو الأستاذ أدنجتون تعادل القوى عند أية نقطة داخل النجم إلى :

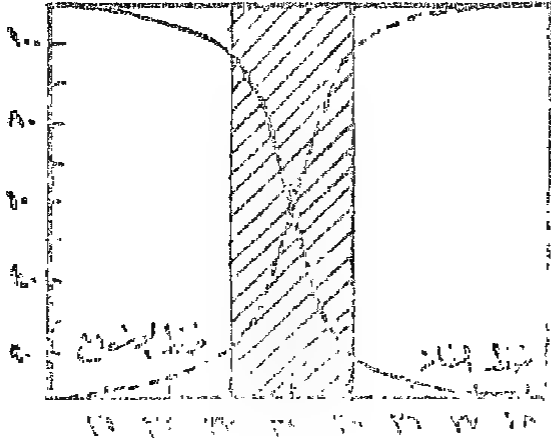
(أولا) القوة نحو المركز وتساوى وزن المادة التي تعلو النقطة .

(ثانيا) القوة إلى الخارج وتتكون من : (أ) ضغط الغاز ويسمى

مرونته ويزيد مقدارا بازدياد عدد جزيئاته ودرجة حرارته (ب) ضغط الإشعاع .

فقد وجد أدنجتون بالاستقصاء الرياضي ومن القوانين المعروفة عن الغاز التام أن نسبة ضغط الإشعاع من مجموع القوى التي إلى الخارج تزيد بازدياد الكتلة الكلية المشعة للضوء ، كما أن هناك حداً أدنى لهذه الكتلة

لا تشع عنده الضوء و (الشكل ٤٠) يوضح نتائج بحوث الأستاذ أدنجتون النظرية في هذا الصدد .



(شكل ٤٠)

وقد افترض فيها أن جزيئات مادة النجم لا تحتفظ بأشكالها الأولية لنا بسبب الحرارة والضغط الشديدين، وأن الذرات فيها تفقد الكثير من كهارجها، ولهذا يمكن دراستها بصرف النظر عن تركيبها الكيميائي.

فمثلاً عنصر الحديد الذي يساوي وزنه الذري ٥٦ بالنسبة للإيدروجين وعدد الكهارج في ذرته ٢٦ يمكننا بفرض تأييد ذراته اعتبار الوزن الذري المتوسط $56 \div 26 = 2$ تقريباً . وبالمثل يمكن تقدير الوزن الذري المتوسط للعناصر الكيميائية الأخرى في مادة النجوم . وعلى هذا الأساس قدر أدنجتون نسبة كل من طاقة الإشعاع وطاقة الغاز من مجموع القوة إلى الخارج في سائلة كبيرة من كرات غازية وزن الأولى ١٠ جرام والثانية مائة جرام والثالثة ألف جرام وهكذا كما هو واضح في (الشكل ٤٠) فالسكرة ٣١ مثلاً هي التي وزنها ١٠ جرام وقارن بين نتائجه النظرية هذه وبين أوزان وأقدار النجوم العملاقة كما حققتها الأرصاد والحساب الفلسفي فوجد تطابقاً تاماً بينهما ، ومع أنه لم يتوقع في بادئ الأمر إن تطابق المنحني النظري لهذه للعلاقة بين أوزان النجوم الأقزام وأقمارها المطلقة لأن المادة فيها أكتف من أن تكون لها خواص الغاز التام الذي أسس عليه بحثه إلا أنه وجد أن هذا التطابق موجوداً أيضاً وبالفعل فاستنتج في الحال أن المادة النجومية تظل محتفظة بخواص الغاز التام

و نغم ارتقاخ كشافه بعضها إلى ما يقرب من ألف مرة كثافة الماء .

وكتلة الكرة ٣٣ تعادل نصف كتلة الشمس ، وكتلة الكرة ٣٥ تعادل خمسين مرة كتلة ، وفيما بين هذين الحدين تتراوح أوزان النجوم المعروفة . ولهذا نستطيع أن نقدر بسهولة سبب إطلاق السيارات جميعا فكتلة المشتري وهو أكبرها أقل بكثير جدا من الحد الأدنى اللازم لاحتفاظه بخاصية الإشعاع .

مولد الأرض وأخواتها السيارات

بعد سقوط نظرية مركزية الأرض في القرن السابع عشر الميلادي بدأ العلماء يفكرون فيما عسى أن يدل عليه هذا التشابه الكبير في حركة السيارات جميعا - ومن بينها الأرض - ودورانها المستمر حول الشمس ، ومن ثم عن كيفية نشوئها .

وكان (بوفون) أول من زعم بانفصال السيارات جميعا من الشمس . أما كيفية الانفصال التي تخيلها فلم تقو على القدر العلى . وفي عام ١٨٤٥ زعم (كانت) بنشوء السيارات من سديم بارد ، وتبعه في هذا الزعم العالم الفرنسي الشهير (لابلاس) .

وفي أوائل هذا القرن دحض كثيرون من العلماء وفي مقدمتهم العالم الانجليزي الشهير (جينز) هذه النظرية ، وأسس نظريته المعروفة بنظرية المد لتفسير كيفية انفصال السيارات والأرض من الشمس .

وقد افترض في هذه النظرية اقتراب نجم كبير من الشمس فيما مضى من الأزمان الغابرة ، وأن اقترابهما كان كافيا بحيث شاطره مادة سطح الشمس

عزمه ، فارتفعت في اتجاه النجم الغازي كتلة من مادة سطح الشمس كما يحدث في حالات المد على سطح الأرض حيث ينحسر الماء بعيدا عن الشاطئ ، ولم تلبث بعد ذلك أن خرجت من هذا اللسان الممتد من كتلة الشمس نافورة مستطيلة الشكل من المادة تشبه سيجارا ضخما مدببة عند الطرفين سميك في الوسط ، وتكثفت هذه الكتلة الملتصقة بعد ذلك في الفضاء البارد على شكل قطرات منسلسلة ، كما ينكشف بخار الماء على سطح بارد . وهكذا تتكونت السيارات التي انحنى مسارها منذ بادىء الأمر بفعل الجاذبية من النجم الغازي ولم تعد ثانياً إلى أمها الشمس كما يحدث لرداذ الماء عند ما يلقى فيه بحجر لأن هزم كمية الحركة الذي أحدثه اقتراب النجم في مادة سطح الشمس كان من الكفاية بحيث يحول دون ذلك ، فظلت السيارات تدور حول الشمس منذ ذلك الحين وإلى إن يشاء الله ، وانطفأ نورها لأن كتلة كل واحدة منها على حدة كانت أصغر من الحد الأدنى اللازم لاحتفاظها بخاصية إشعاع الضوء بالكيفية التي تتولد بها طاقتها الإشعاع في الشمس والنجوم ، وبابتعاد النجم الغازي زال أثر المد على سطح الشمس .

وتأيداً لهذا الغرض نجد أن الكتلة الأكبر نسبياً تقع في الوسط يمثلها المشتري وزحل والأصغر عند الطرفين ، والمرجح أن الأخيرة ولدت وهي في حالة السيولة أو الصلابة بينما كانت الأولى غازية منذ بادىء الأمر .

ثم يأتي بعد ذلك دور الشمس في التأثير على هذه الكتلة بالمد ، فتعقب دوراً مماثل دور النجم الغازي في انفصال السيارات من الشمس ، ويفشأ عن المد الذي تحدثه على سطوح السيارات انفصال الأقمار .

وعلى ضوء نظريته (جينز) هذه تكون الشمس أم الأرض وأخواتها السيارات جميعاً وجدة الأقمار المختلفة ويعتبر قمرنا ابن الأرض .

ويلاحظ أن بعض السيارات لم يعقب قمرًا رئيسًا كبيرًا كتلك
بثرتها أقمار .

وتهيئنا نظرية المد تصيرا منطقيا للمميزات الرئيسية في النظام الشمسي
وكيفية نشوئه . والاعتراض الاسامي عليها هو في كونها تصور لنا
كنظام استثنائي في النظام النجمي ، فالاقتراب الكبير لنجم - بين كالذي
يصور حدوثه (جينز) بين النجم والشمس بهذه الكيفية أمر نادر
الحدوث جدا ، ولا يقع إلا خلال ملايين الملايين من السنين إلا بافتراض
أن المسافة المتوسطة بين النجوم كانت فيما مضى أقل بكثير مما هي عليه الآن .

لقد أثبتت الارصاد الفلكية ان النظام النجمي يشترى على عدد كبير
من النجوم المزدوجة والمضاعفة إلا أن الازدواج في النجوم يختلف عن
النظام الشمسي . فقد وجد (بوس) في عشر مزدوجات ان النسبة بين كتلتي
المركبتين لا تقل عن نسبة ١:٠,٣٣ ووجد (كبل) أن متوسط هذه النسبة
لتسعة عشر مزدوجا هي ١:٠,٧٩ ، أما النسبة بين كتلة المشتري - وهو أكبر
السيارات - وكتلة الشمس فهي كنسبة ١:٠,٠٠٠٩٥ إلى ١ ومن اجل هذا
فقدت السيارات بعد انفصالها عن الشمس اشعاعها الذاتي ، اما مركبات
النجوم المزدوجة والمضاعفة فذاتية الاشعاع .

وعلى أي حال فليس من الممكن الجزم في الوقت الحاضر بوجود أنظمة
أخرى كنظامنا الشمسي ، ولو أن بعض الفلكيين يعزو عدم انتظام الحركة
لمركبات بعض المزدوجات إلى وجود أنظمة كوكبية فيها . غير أنه لعدم
وجود أدلة إيجابية قوية يجب اعتبار النظام الشمسي فريدا في نوعه .

عمر الأرض

والآن ماذا عسى أن يكون عمر الأرض ؟

إن كثيرا من معالم - سطحها يتغير على مرور الزمن . ولو استطعنا تقدير المعدل الناشئ من عامل معين أمكننا استنباط الزمن الذي انقضى منذ حدوث مقدار معروف من التغير .

فالأنهار كما هو معروف ، تحمل إلى البحار في كل موسم من مواسم فيضاتها مقادير من الأملاح المذابة من سفوح الجبال عند منابعها مع رواسب أخرى . فأما الأملاح فمعظمها من ملاح الطعام الذي يزيد على مرور الزمن في ملوحة البحار . وأما الرواسب فتترسب في قاعها .

ولقد قدر أن ما تحمله جميع الأنهار من الأملاح يبلغ حوالى خمسة وثلاثين مليون طن في كل عام . وأما ما تحتويه جميع المحيطات في العالم منها يبلغ ١٢٠٠ مليون طن . فلو فرضنا أن معدل الزيادة في ملوحة البحار بما تحمله إليها الأنهار ثابت على مرور السنين الطويلة الماضية ، نجد أن عمر الأرض يساوى ٣٦٠ مليون سنة على الأقل ، إذ أن ما يعترى السطح باستمرار من تغير يجعل المعدل السالف الذكر ليس ثابتا في جميع العصور ، ويعتقد علماء الجيولوجيا أن هذا الرقم الذى يمثل معدل ما تحمله الأنهار - حاليا في السنة - من الأملاح المذابة أكبر من المتوسط في أثناء العصور الجيولوجية الطويلة المنصرمة ، وبالتالي يكون عمر الأرض المستنبط بهذه الطريقة لا يمثل سوى الحد الأدنى .

أما الرواسب فقد قدر سمكها الكلى بحوالى نصف مليون قدم ، ولقد

لوحظ أنه منذ حكم رمسيس الثانى (منذ ثلاثة آلاف سنة) زاد سمك راسب النيل فى الوجه البحرى بمعدل قدم فى كل خمسمائة سنة ، وعلى ذلك يمكننا أن نستنبط أن عملية الترسيب بدأت منذ ٢٥٠ مليون سنة وهذا الرقم أيضا يمثل الحد الأدنى لعمر الأرض .

ونقطة الضعف فى التقديرين السابقين الذ ذكر هى عدم ثبوت المعدل فى زيادة ملوحة البحار أو كمية الرواسب ، وعدم معرفتنا لمعدل هذين المعدلين أثناء العصور الغابرة ولهذا فلا يمكن الاعتماد عليهما .

غير أن هناك ظاهرة أخرى يمكن استغلالها لتحقيق هذا الغرض . فقد اكتشف العلماء أخيرا أن ذرات أثقل العناصر الكيميائية مثل الأرانىوم (Uranium) والثوريوم (Thorium) والرادىوم ليست فى حالة من الاتزان المطلق ، بل تفكك تدريجيا وتتحول فى أثناء تفككها بأطوار متعاقبة ، ويتكون منها فى النهاية المعلقة الرصاص ، وتنطلق أثناء ذلك ذرات الهليوم المكهربة بسرعة تبلغ آلاف الأميال فى الثانية .

ولقد وجد أن هذا التفكك فى ذرات هذه العناصر ، يجرى بمعدل ثابت ، لا يتغير على مرور الزمن الطويل ، فكمية من الرادىوم تنقص تدريجيا فتبلغ نصف مقدارها بعد زمن مقداره ١٥٨٠ سنة . أما الأرانىوم فينقص إلى نصفه بعد ٤٥٠٠ مليون سنة . أما الثوريوم فينقص إلى نصفه بعد ٢٣٠٠٠ مليون سنة .

واقدرنا أن الناتج من هذه العملية هو الرصاص الذى لا يختلف كيميائيا عن الرصاص العادى . أما من ناحية الوزن فالرصاص الناتج من

تفكك الارانيوم أخف من الرصاص العادى ، والنتائج من تفكك الثوريوم
أثقل منه ، ولهذا يمكن دائماً تمييز الرصاص الناتج من مثل هذه العمالية
واستخدام هذه الخاصية لتقدير عمر الأرض بطريقة أسلم من الطريقتين
السالفتي الذكر .

والتقديرات المستنبطة بهذه الطريقة تدل على أن عمر الأرض يبلغ
ثلاثة آلاف مليون سنة على الأقل ، نقول على الأكثر لأن من المحتمل
أن هذه العناصر بدأت فى التفكك قبل مولد الأرض .

ولقد أثبت علماء الجيولوجيا أن أعمار بعض الصخور فى شمال أمريكا
تبلغ ١٧٠٠ مليون سنة ، ولهذا يمكننا اعتبار الرقمين الأولين حداً أدنى
والرقم الثانى حداً أعلى لعمر الأرض .

ومنذ مولد الأرض بدأت العرامل الجبارة عملها المتصل ، حتى تهيأت
الظروف الملائمة لبعث الحياة — بمختلف أنواعها وغرائبها — على سطحها

ومع أننا لا نعرف الآن كيف بعثت الحياة على سطح الأرض ، غير
أننا نستطيع أن نتصور أنه منذ انفصلت هذه الكتلة من الحمم عن الشمس
بدأت تفقد حرارتها فى الفضاء العظيم المحيط بها ، فتضامات فى الحجم تبعاً
لذلك حتى تكونت على سطحها قشرة صلبة تحيط بحمم ملتهبة وصار لها
جو غازى هو الهواء الذى نستنشقه ، حتى صارت درجة الحرارة بما يسمح
للبياه أن تؤدى دورتها المعروفة من تبحر متصاعد ، فطر متساقط فأنهار
تجبرى ، وأصبح الماء عاملاً رئيسياً فى تآكل الصخور وتفتيتها وإذابتها
وحملها إلى البحار ، حيث ترسب وتضم بين طياتها بقايا الحيوانات وآثار

الحياة المختلفة التي عاشت وماتت أثناء تكوين الطبقات المختلفة من
الرواسب . وقد بقيت هياكلهما وآثارها أحقاباً ضويلة من الزمن لتدل
على عصور تكوينها .

ولقد وجدت في (جرينلاند) صخور تحتوى على بقايا اشجار
لا تنمو في عصرنا هذا إلا في المناطق الحارة كما أنه وجدت في بعض أجزاء
المناطق الحارة آثار الثلجات التاريخية مما يدل على تعاقب دورات
الحرارة الشديدة والبرودة الشديدة على سطح الأرض ، حتى تهيأت الظروف
الملائمة لأشجار المناطق الحارة أن تنمو في بلاد مثل (جرينلاند) . وقد
ذكرنا فيما سلف أن ذلك يعزى إلى تغير — ولو أنه طفيف جداً — في
طاقة الإشعاع من الشمس .

هذه التطورات المتلاحقة لسطح الأرض ، وما صاحبها من تغيرات
يمكننا أن نقيسها بالمقياس الجيولوجى حيث نقسم العصور الجيولوجية
بوجه الأجمال إلى أربعة أحقاب رئيسية .

الحقب الابتدائى ويسمى الأركى وحقب الحياة القديمة . وحقب الحياة
المتوسطة ، وحقب الحياة الحديثة ، وتشغل حسب الترتيب . ٥٥ ٪
و ٣٠ ٪ و ١١ ٪ و ٤ ٪ من مجموع الزمن الجيولوجى .

وقد ذكر الأستاذ سبنسر جونز فى كتابه : —

أن علماء الجيولوجيا اكتشفوا ما يدل على نشوء الحياة البدائية فى
الحيوانات اللاققرية بين طبقات الصخور فى العصر الأركى ف يرجع تاريخ
نشوئها إلى ١٣٠٠ مليون سنة مضت . أما أقدم الحفريات المعروفة فيقدر

ينجحون من ٥٠٠ مليون سنة تقريبا . ويلى ذلك نشوء الحيوانات اللافقيه
يتبعها عصر الأسماك منذ ٥٠٠ مليون سنة تقريبا ، ثم ظهور النباتات
الأرضية وتنوع الأسماك والشعب المرجانية منذ ٤٢٠ مليون سنة تقريبا .

ثم عصر تكوين الفحم ونشوء الدناصور والزواحف الطائرة منذ
١٤٠ مليون سنة تقريبا .

ثم عصر الحيوانات الثديية وهو فجر الحياة الحديثة منذ ٦٠ مليون سنة
تقريبا ثم ظهور الانسان الشبيه بالقرود منذ ٨ مليون سنة تقريبا .
وفي النهاية ظهور الانسان منذ مليون سنة تقريبا .

الباب الحادى عشر

تاريخ الفلك

الفلك عند قدماء المصريين

تدل آثار المصريين القدماء على أنهم عتروا برصد ودراسة مواقع الأجرام السماوية وحركاتها دراسة جدية منذ فجر التاريخ . ومن آثارهم هذه التى تشهد بمقدرتهم الفائقة فى الرصد ، أبرام الجيزة وصور البروج



التي كان يحلى بها
سقف دندرة

وتوجد الآن فى
متحف اللوفر . ذلك
لأنهم كانوا يتخذون

من الشمس والقمر
وبعض الأجرام
السماوية آلهة ثانوية

صورة رمزية للعالم وفيها الاله (نوت) منحنيًا فوق
الأرض وبينهما اله الهواء (شو) ويرى الى اليمين
(نوت) مبتكر علم الفلك والحروف وله رأس أبيس
الطائر المقدس .

يتقربون بها إلى الله
خالق كل شئ وهو
الواحد القهار .

وكانت الشمس — وقد عرفوا أنها مصدر القوى والسبب الرئيسى فى بقاء الجنس وتعاقب الأجيال من جميع المخلوقات — أهم آلهتهم فصوروها بصور شجرة نمت للسلالة على مبلغ قوتها ، وأنها منبع الخيرات كلها ، وأنها مصدر الرطوبة التى ينشأ عنها فيضان النهر المقدس فأقاموا لها معابد خاصة أهمها معبد هليوبوليس .

وقد سبقوا الأمم الأخرى كافة فى صناعة التقويم ، وقدروا بالدقة الفترة الزمنية التى تلزم الشمس لتتم مساراً كاملاً بين النجوم ، وهى التى تعرف الآن بالسنة النجمية . واتخذوها وحدة أساسية فى قياس الزمن وعلى أساسها ابتكروا السنة المدنية التى تؤلف من ١٢ شهراً كل منها ثلاثون يوماً يضاف إليها فى النهاية خمسة أيام تسمى أيام النسيء . وقد استخدموا فى تقدير

السنة النجمية ظاهرة

فلدية تعرف بالشروق

الاحتراقى للنجم اللامع

المسمى بالشعرى اليمانية

هذا بينما كان

معاصروهم من

الرومان واليونانيين

والأشوريين وغيرهم

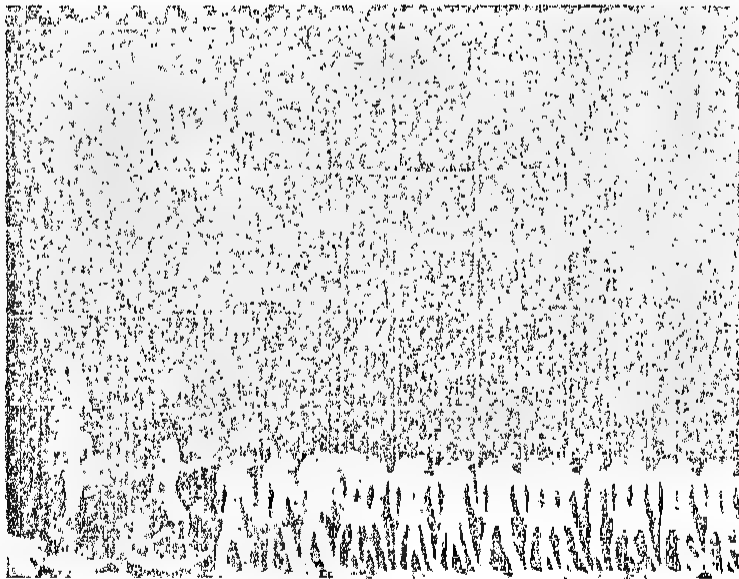
يتخبطون فى محاولات

عقيمة وفاشلة لربط

أوائل الشهور المدنية

بأوائل الشهور القمرية .

ويقدر المؤرخون أن



صور النجوم والنسكوكبات منقوشة فى معبد

سبى الأول (حوالى ١٣٠٠ ق . م) فى وادى

الملوك وترى الشعرى اليمانية فى أقصى اليسار

المصريين القدماء قد استخدموا السنة النجمية أساسا لتقويمهم منذ سنة ٥٢٠٠ قبل الميلاد.

وليس أدل على ما كان للكهنة المصريين من السمعة الرفيعة بين علماء العالم من ارتحال الكثيرين من كبار علماء وفلاسفة اليونان لتلقي العلوم



الصور البروجية التي كانت متقوشة في معبد دندرة وترى الآن في متحف اللوفر بباريس

في مصر ، وعلى الأخص الرياضيات والفلك ، ومن بين هؤلاء العلماء أورفين وهوميروس وسولون وفاليس وفيثاغورس وديموقراط وبلاطون وبيودكس وأرسيميدس . وقد قضى فيثاغورس المشهور عشرين عاما بمصر ، وتلقن العلم فيها على أيدي كهنتها . وقد أخذ هؤلاء العلماء جميعا عن المصريين فكرة كروية الأرض وثبوتها في الفضاء وأنها مركز الكون ، وهي الفكرة التي ظلت أساس العلوم حتى منتصف القرن السادس عشر بعد الميلاد ، كما أخذوا عنهم نظرية الكواكب السيارة .

وكان أول من قاس نصف قطر الأرض ارتوستنيس أحد علماء مدرسة الاسكندرية القديمة ، فقد قام برصد اتجاه الشمس عند المنقلب الصيفي في كل من الاسكندرية وأسوان ، وعزى الفرق بينهما الذي يقدر بنحو ١/٨ من محيط دائرة إلى كروية الأرض ، فقام بقياس طول هذا القوس بين المدينتين وقدر طول محيط الأرض بنحو ٢٥٠ ألف ستاديا وعلى أساس تقدير ترى (Tonnery) لهذه الوحدة الطولية نجد أن الخطأ في تقدير ارتوستنيس لا يتجاوز نصف في المائة بالمقارنة بالتقديرات الحديثة التي استخدمت فيها أحدث الأجهزة .

ومن أعلام مدرسة الاسكندرية القديمة أيضا العالم الفلكي بطليموس الذي عاش بها في منتصف القرن الثاني قبل الميلاد ، وهو مؤلف كتاب المجسطي المشهور الذي يؤلف من ١٣ جزءا . والذي كان يعتبر أنجيل العلوم والمعارف حتى القرن الخامس عشر بعد الميلاد . وقد شرح في هذا الكتاب الظواهر الفلكية وحركات الشمس والقمر والسيارات وطول اليوم والنهار وأوقات شروق وغروب النجوم في المناطق المختلفة وأن فيه بالبراهين العلمية

الصحيحة على كروية الأرض ، وفيه حلول للمشكلات الكرية ودراسة عن طول السنة والشهر القمري وشرح للاسطرلاب، وبحث عن الاقتراب الظاهري للقمر وتقهقر الاعتدالين وظاهرتي الكسوف والخسوف ونظرية حركة السيارات التي تعد أكبر دليل على علو كعبهم في الرياضيات .

ولقد كتبت النهضة العلمية بوجه عام والأرصاد الفلكية بوجه خاص بعد عهد بطليموس المصري طيلة أربعة عشر قرناً نظراً لما كان لتعاليم أرسطو فيلسوف اليونان العظيم من المنزلة التقليدية الرفيعة في جامعات أوروبا ، فقد اعتنق هو وأتباعه نظرية ثبوت الأرض ومركزيتها للسكون ، لأن الأرصاد الفلكية لم تؤيد الأدلة العلمية على دورانها وفي منتصف القرن السادس عشر نشر العالم البولندي كبرنيق كتابه عن حركة السيارات الذي يعتبر بعثاً للنهضة العلمية الحديثة . وفي خلال هذه الفترة لم يسجل اكتشاف فلكي عظيم ، ولو أن الرياضيات خطت خطوات هائلة ، كما تقدمت وسائل الرصد .

الفلك عند العرب

وقد أدرك العرب — بعد أن استتب لهم الأمر والسيادة في جره كبير من الامبراطورية الرومانية — أهمية العلوم في بناء امبراطوريتهم فترجموا كتب اليونانيين وغيرهم . فلم تلبث بغداد حتى صارت مركزاً عظيماً للعلوم والآداب في القرن الثامن الميلادي . وبسط الخليفة المنصور رعايته على رجال العلم ممن وفدوا عليه من الغرب ومن الهند . وسرعان ما أدرك علماء الدولة العباسية أهمية العلوم الفلكية لارتباط الكثير من الظواهر الفلكية بالفرائض الشرعية كتحديد أوقات الصلاة والحج واتجاه القبلة وأمر الخليفة .

المنصور بترجمة كتاب المجسطي ، وأقيم مرصد بدمشق وآخر ببغداد عام ٨٢٩ ميلادية في عهد الخليفة المأمون ، واستخدمت فيهما أجرة الرصد أكبر وأدق صنعا مما كان يستعمله اليونانيون ولو أنها من نفس الطراز . وابتدع العرب أخذ الأرصاد الفلكية بطريقة منتظمة ومستمرة للأجرام السماوية ، وتعيين مواقع النجوم المعروفة قبل وبعد ظواهر الكسوف ، وبلغ من اهتمامهم بتصحيح الأرصاد الفلكية أنهم كانوا يسجلونها في سجلات رسمية تحفظها الدولة ويقسم الراصدون بصحتها أمام هيئة من الفلكيين والقضاة .

وقد أمر المأمون بإعادة تقدير جرم الأرض الذي جاء في كتاب بطليموس بعمل أرصاد جديدة ، فقيس لهذا الغرض قوس من محيطهما مرتين . ولكن النتائج جاءت مطابقة لتقديرات بطليموس .

وتبين فلكيو العرب بعض الأخطاء في الجداول الفلكية القديمة فعملوا جداول جديدة على أساس نفس المبادئ الفلكية التي جاءت في كتاب بطليموس .

ويعزى إلى ثابت بن قره اكتشافه مقدار تقعر الاعتدالين . ومن أشهر فلكيي العرب البتاني المتوفى عام ٩٢٩ م صاحب الزيج الصابي ، وابن يونس المصري المتوفى عام ١٠٠٩ م صاحب الزيج الحاكمي ، وعبد الرحمن الصوفي المتوفى عام ١٠٠٩ م الذي قام برصد مواقع النجوم ودرجة لمعانها بدقة فائقة .

والأزياج جداول رياضية يمين عليها كل حساب فلكي ، وتشهد

الأصلحها بالتبحر في دراسة حركات الأجرام السماوية وحساب
الظواهر الفلكية .

وفيما يلي ترجمة لبعض مشاهيرهم عن كتاب أخبار العلماء بأخبار الحكماء .
البتاني : أحد المشهورين برصد الكواكب والمتقدمين في علم الهندسة
وهيئة الأفلاك وحساب النجوم وصياغة الأحكام . وله زيج جليل ضمنه
أرصاء النيرين وأصلاح حركاتها المثبتة في كتاب بطليموس ، ذكر حركات
الخمسة المحيرة (السيارات) . وكانت بعض أرصاده التي نوه عنها في كتابه
عام ٢٦٩ هجرية والبعض الآخر عام ٢٨٧ . ولا يعرف أن أحدا في
الإسلام بلغ مبلغه في تصحيح إرصاء الكواكب وامتحان حركاتها ، ومن
توآلفه فيها شرح المقالات الأربع لبطليموس ومطالع البروج وأقدار
الاتصالات وكتاب الزيج نسختان وكان أصله من حران صائبا . جاء إلى
بغداد مع بني الريات من أهل الرقة في ظلمات كانت لهم فلما رجع مات في
طريقه بقصر الجص سنة ٣١٧ هـ .

الحسن بن الهيثم — هو أبو علي المهندس البصري نزيل مصر وصاحب
التصانيف والتأليف في علم الهندسة ، كان عالما متبحرا في هذا العلم . بلغ
الحاكم صاحب مصر من العلويين خبرة وما هو عليه من الاتقان لهذا الشأن ،
فتأقت نفسه إلى رؤيته وكان قد نقل إليه نغمة قوله لو كنت بمصر لعملت في
نيلها عملا يحصل به النفع في كل حال لأنه من زيادة ونقص فقد بلغني أنه
ينحدر من موضع عال . فسير إليه حاكم مصر مالا وأرغبه في الحضور إلى
مصر . فسافر إليها وخرج الحاكم لاستقباله وأمر بانزاله وإكرامه فلما
استراح طالبه بما وعد من أمر النيل ، فسار ومعه جماعة من الصناع ليستعين

بهم على هندسته التي خطرت له . ولما سار إلى الاقليم بطوله وشاهد آثار من تقدم من ساكنيه ووجد أنها على غاية من أحكام الصنعة وجودة الهندسة وما اشتملت عليه من أشكال سماوية ومثالات هندسية وتصوير معجز تحقق أن الذي يقصد ليس يمكن ، فإن من تقدمه لم يغرب عنهم علم ما عليه ولو أمكن لفعلوا . فانكسرت همته وعاد إلى القاهرة خجلا منهذلا واعتذر بما قبل الحاكم ظاهره . ثم تظاهر بالجنون ليتجنب غضب الحاكم عليه فأحيط على موجوداته بيد الحاكم ووظف من يقوم بخدمته وقيد وترك بمنزله . وبعد وفاة الحاكم أظهر العقل واستوطن قبة على باب الجامع الأزهر وأقام بها متنسكا متقنعا ثم أعيد إليه ماله واشتغل بالتصنيف ، فكان ينسخ ثلاثة كتب في ضمن أشغاله وهي أفليدس والمتوسطات والمجسطى ويستكملها في مدة السنة فاذا شرع في نسخها جاء من يعطيه فيها مائة وخمسون دينارا مصرية فيجمعها مؤنته لسنته ، ولم يزل على ذلك حتى مات بالقاهرة في حدود سنة ٤٣٠ هـ ومن تصانيفه : تهذيب المجسطى — مصادرات أفليدس — الشكوك عليه — مساحة الجسم المتكافئ — الأشكال الهلالية — صورة الكسوف — رؤية الكواكب — التنبيه على ما في الرصد من الغلط — تربيعة الدائرة — أصول المساحة — حركة القمر بالمجرة — ماهية المجرة — الطالة — وقوس قزح — أصول الكواكب — استخراج خط نصف النهار بظل واحد — الشكوك على بطليموس وحلها — اختلاف المناظر وضوء القمر .

عبد الرحمن العسوي : ولد بالراي شرق طهران عام ٢٩١ هـ وعاش

بشيراز وبغداد متمتعاً بسمعة رفيعة ورعاية الخليفة عهد الدولة الذي كان
يفخر أن الصوفي علمه الفلك ، ومن تصانيفه كتاب الكواكب الثابتة
مصححة وكتاب الأرجوزة في الكواكب الثابتة وكتاب التذكرة
ومطالع الشعاعات . وقد رصد النجوم بنفسه ووصفها وصفا دقيقا وقدر
أقمارها من جديد بدقة فائقة حتى أنها تقرب من التقديرات الحديثة التي
استخدمت فيها أحدث الأجهزة ، وتوفي عام ٣٧٦ هـ .

من اختيارات السنة الأولى (قسم أجازة الفضل) بكلية الشريعة

- (١) اشرح كيف يختلف منظر السماء باختلاف مكان الراصد وزمانه
- (٢) ارسم شكلا يمثل السماء ووضح عليه موضع القمر اذا كانت زاويته الساعية تساوى ٣ ساعات و ٢٤ دقيقة وميله $+ ١٣^\circ$
- اذكر اسماء عشرة من منازل القمر
- (٣) ارسم شكلا يمثل للسماء ووضح عليه موقع القمر بعد شروقه اذا كانت زاويته الساعية $= ٩٥^\circ$ وهذه السمتى $= ٩٧^\circ$
- اذكر اسماء خمس كوكبات في نصف الكرة الشمالى
- (٤) اشرح نظرية بطليموس عن حركة الكواكب السيارة - لماذا اعترض اربطو على الزعم بدوران الأرض حول الشمس
- (٥) اكتب مقالا عن النظام الشمسى - اذكر قوانين كبلر
- (٦) اشرح ظاهرة الفصول الفلكية
- (٧) اشرح كيف يختلف طول الليل والنهار في اليوم الواحد باختلاف خط عرض المكان وفي المكان الواحد على م. الأمام اثناء السنة
- (٨) اشرح ظاهرة الشفق
- (٩) اشرح قاعدة بودينج أماد الكواكب للسيارة أى الاكتشافات الفلكية جاء نتيجة لذلك
- (١٠) اكتب مقالا عن قانون الجاذبية العام . أى الاكتشافات الفلكية جاء مؤيدا لهذا القانون
- (١١) برهن أن ارتفاع النجم القطبي في مكان ما يساوى خط عرض هذا المكان

(١٢) تكلم عن الوقت الشمسى الحقيقى والوقت الشمسى الوسطى متى يحين وقت صلاة الظهر فى مدينة كسلا (خط طول $24^{\circ} 36'$) فى يوم ١٧ ماير إذا كانت معادلة الزمن فى ذلك اليوم $= + 4$ دقائق

(١٣) تكلم عن الوقت المحلى والوقت المدن متى يحين وقت صلاة الظهر فى مدينة دمشق فى يوم أول أكتوبر إذا كانت معادلة الزمن فى ذلك اليوم تساوى ($- 10$ دقائق) وخط طول دمشق يساوى 36° شرق جرينتش

(١٤) تكلم عن النسيء عند العرب قبل الاسلام كيف تعين السنين السكبيسة فى التقويم الهجرى عند علماء الهيئة (١٥) تكلم عن خمسة مما يأتى :

الزاوية السميتية . أقدار النجوم . معادلة الزمن . قاعدة بود . الشهب . النجوم المزدوجة . اليوم النجمى . البروج . اليوم الشمسى الوسطى . السنة الشمسية . المزدوجات الطيفية . السدائم المجرية . البتاني . بطليموس

للمؤلف

١ — الأطلس الفلكى لخط عرض القاهرة

(يطلب من من مصلحة المساحة بالجيزة)

٢ — فى أعماق الفضاء

(يطلب من مطبعة الشرق ٢٢٢ شارع الخليج المصرى)

الباب الثاني عشر

مرادفات فلكية

+ كوكبة نجوميه - * نجم

Aberration	زيغ (زيغان)	Altazimuth Telescope	المنظار السمى الارتفاعى
Absorption, galactic	الامتصاص المجرى	Altitude	الارتفاع
Acceleration, Secular	العجلة الحقيقية	Andromeda	+ المرأة المسلسلة
Achernar	* آخر النهر	Annual equation	المعادلة السنوية
Aerolites	نيازك	Annular eclipse	كسوف حلقى
Age (Moon) Earth etc	عمر القمر أو الأرض	Anomalistic year	السنة الفلكية
Albedo of asteroids	عاكسية النجميات	Antapex Solar	الاتجاه المضاد لحركة الشمس
Aldebran	* الدبران	Antarctic Circle	الدائرة القطبية الجنوبية
Algol	ب برشاوش (نجم متغير)	Antares (a Scorpii)	* قلب العقرب
Almucantar	المقنطرة	Antlia	+ الآلة المفرغة
Altair	* النسر الطائر	Apastron	الأوج النجمى

Apex Solar	أُتجاه حركة الشمس أو قبلة الشمس	Azimuth	الزوايا السميّة
Aphelion .	نقطة الرأس (لمدار سيار)	Azimuth error	الخطأ السميّ
Apogee	الأوج (للشمس أو القمر)	Bellatrix	• الناجد
Apparent place of a star	موقع النجم الظاهري	Betelgeuse	• منكب الجوزاء
Apse	خط الأوجين (في مدار سيار)	Binary Stars	النجوم الثنائية
Aps	+ طائر الجنة	Black body radiation	أشعاع الجسم الأسود
Aquarius	+ الدلو	Bolometric magnitude	القدر الأشعاعي
Aquila	+ العقاب	Bootes	+ العواء
Ara	+ المحجرة	Caelum	+ قلم النحات
Arctic Circle	دائرة القطب الشمالي	Calender,	تقويم
Arcurus	• السماك الراح	Camelopardalis	+ الزرافة
Argo	+ السفينة	Cancer	+ السرطان
Aries	+ الحمل	Cancer, Tropic of	مدار السرطان
Aries first point of	نقطة الاعتدال الربيعي	Canes Venatice	+ كلاب الصيد
Asteroids	النجوم	Canis Major	+ الكلب الأكبر
• Symetry of Stellar motions	عدم تماثل حركة النجوم	Canis Minor	+ الكلب الأصغر
Auriga	+ ممسك الأعنة	Canopus	• سهيل

Time Zones	مناطق الوقت	Variation of Latitude	تغير خط العرض
Transit Instrument	المنظار الزواحي	Variable Stars	النجوم المتغيرة
« of mercury	عبور عطارد	Vela	القلاع
« « Venus	عبور الزهرة	Velocity from Infinity	السرعة اللانهائية
Triangulum	المثلث	Velocity in planetary orbit	السرعة في مدار السيار
Triangulum Australis	المثلث الجنوبي	Velocity line of sight	السرعة في اتجاه خط البصر
Trigonometric parallax	الاختلاف الحسابي	Velocity parabolic	السرعة في القطع المكافئ
Triple Stars	النجوم الثلاثية	Venus	الزهرة
Tripod	أرجل — حامل	Vernal equinox	الاعتدالي الربيعي
Tropical year	السنة الشمسية	Vertical Circle	الدائرة الرأسية
Tropics	المدارين	« prime	الرأسية الأولى
Tucana	التوكان	Vertices of star streaming	منا اتجاهي الحركة النجمية
Twilight	الشفق	Viga	النسر الواقع
Uranus	أرانوس	Virgo	بـ السنبلة
Ursa major	الدب الأكبر	Visual magnitude	الأقدار البصرية
Ursa minor	الدب الأصغر	Volans	السمك الطيار
Variability of earth's rotation	التغير في دوران الأرض	Vortices - sun spot	الحركة الدوامة في كلب الشمس

Star multiple	المضاعفة
« designation	تسمية النجوم
« Streaming	أنسياب النجوم
Stationary	ثابت
Stellar energy	الطاقة النجمية
Stereoscope Camera	قوتوغرافية ذات شيتين
Sub-Solar point	نقطة قدم الشمس
Summer line	خط سمير
Sun Shade	حاجب وهج الشمس
Sun Spots	كلف الشمس
Super giants	عملاقة كبرى
Synodic period	الدورة الاقترانية
Taurus	الثور
Telescope	منظار
« equatorial	« استوائي
« reflecting	منظار عاكس
« refracting	« ذو عدسات

« Zenith	سمي
Telescopium	المنظار
Terminator	محدد
Tides	المد والجزر
« neap	أوطى الجزر
« spring	أعلى مد
Time	الوقت - الزمن
« apparent Solar	« الشمس الظاهري
« equation	معادلة الزمن
« local apparent	الوقت المحلي الظاهري
« « mean	« الوسطي
« mean solar	« الشمس الوسطي
« sidereal	« النجمي
« standard or zone	« الرئيسي
« summer	« الصيفي
Time Scale of stellar Evolution	المقياس الزمني للتطور النجمي

setting	غروب	Spectral types	المراتب الطيفية
Sextans	السدس	Spectral binaries	ثنائيات طيفية
Shadow	ظل	Spectroscope	مبين الانزياح — المطيف
Siderial period	الدورة النجمية	Spectrum	الطيف
« time	الوقت النجمي	Spectum	أسبكيولام
« year	السنة النجمية	Spherical Aberration	الزيغ الكروي
Simple Harmonic motion	الحركة التوافقية البسيطة	Spica	نجم الكوكبة الأعزل
Sirius	الشعرى اليمانية	Spring tides	أعلى مد
Sky	السماء	Stability of solar system	توازن النظام الشمسي
Smooth Curve	منحنى ملس	standard Time	الزمن الرئيسي
Solar Constant	الثابت الشمسي	stars , binary	النجوم الثنائية
Solar motion	حركة الشمس	« , double	« المزدوجة
Solar System	النظام الشمسي	« eclipsing binaries	« الثنائية الكسوفية
Solstices	المنقلبان	« spectroscopic binaries	« الثنائية الطيفية
Spectral Changes	التغيرات الطيفية	« Variable	« المتغيرة
Spectroheliograph	مصور طيف الشمس	« clusters	« المجموع النجمية
Spectral band	حزام طيفي	« triple	« الثلاثية

Rate of clock	معدل سير الساعة	Rills on Moon	القنوات على سطح القمر
Reduction of star place	تعيين موقع النجم	Ring System of Saturn	حلقات زحل
Regulus	قلب الأسد	Rising	شروق
Relativity theory of	نظريه النسبيه	Rotation	دوران
Resolving Power	قوة التفصيل — قوة التفريد	Sagitta	+ المسهم
Reticulum	+ الشبكة	Sagittarius	+ القوس
Retrograde motion	الحركة التمهقريه	Satellites	أقار
Reversing layer	طبقة عاكسه	Saturn	زحل
Reversing prism	منشور معكس	Scattering of light	تشتت الضوء
Right Assencion	المطلع المستقيم	Scorpio	+ القرب
Rigel	+ رجل الجبار	Sculptor	+ معمل النحات
Revolution period of (moon) (anomalistic)	مدة دورة القمر الفلكيه	Scutum	+ الدرع
Revolution period of (moon) (Droconic)	» » » المدهيه	Seasons	الفصول الفلكيه
Revolution period of (moon) (Siderial)	» » » النجميه	Secondary Spectrum	طيف ثانوى
Revolution period of (moon) (Synodic)	» » » الاقترانيه (الشهر القمري)	Secular accelaration of Moon	المجلة الحقيقيه للقمر
		Selective Abs rption	الامتصاص الانتخاني
		Serpent	+ الحيه

Phases of Venus	أوجه الزهرة	Pressure of radiation	ضغط الاشعاع
Phoenix	+ العنقاء	Prime meridian	خط الطول الرئيسى
Photo-electric-cell	الخلية الضوئية الكهربية	Prime Vertical	الرأسية الاولى
Photometer	فوتومتر	Præyon	* الشعري الشامية
Photosphere	الكرة المرئية	Profile	المنظر الجانبى
Pictor	+ كرسى المصور	Projected	مسقط
Piscis	+ الحوت	Prominences Solar	أسننه — أنشاز — شواظ
Piscis Australis	+ الحوت الجنوبي	Proper Motions of stars	الحركة الذاتية للنجوم
Planetismal Theory	النظرية الكوكبية	Pulsation theory of cepheids	نظرية التنبهن للقيفاويات
Planets	السيارات — الكواكب السيارة	Puppis	+ الكوثل
Pluto	بلوتو	Pyrheliometer	جهاز قياس الاشعاع الشمسى
Polarisation of light	استقطاب الضوء	Pyxis	+ البوصلة البحرية
Poles of Celestial Sphere	قطبا الكرة السماوية	Quadrature	التربيع
Pole Star-Polaris	النجم القطبى — القطبية	Radial Velocity	السرعة فى اتجاه خط البعد
Pollux	* رأس التوأم المؤخر	Radiants-meteors	الشهب المتشعة
Position Angle	الزاوية الموضعية	Radiation	اشعاع
precession	تقهقر الاعتدالين	Radius Vector	نصف القطر الموجه

Neptune	نبتون	Orbit of spect. binary	مدار ثنائي طيفي
Neutral Helium	الهليوم المتعادل	Orion	+ الجبار
Nodes of Moon	عقد القمر	Parabolic velocity	السرعة في القطع المكافئ.
Norma	+ المربع	Parallactic inequality	التباين الاختلافي
North Polar distance	البعد القطبي	Parallax	الاختلاف الظاهري
Novae	النجوم الجديدة	Pavo	سر الطاووس
Nutation	التمايل — الترنج	Parsec	پارسك
Obliquity of the ecliptic	الميل الأعظم	Pegasus	+ الفرس الأعظم
Occultations	الاستتار	Periastron	اخصيض النجمي
Octanus	+ الثمن	Perigee	نقطة اخصيض (للمسكن والقمر)
Ocular	عدسه عينيه	Perihelion	نقطة الذنب (لمسارات)
Opacity	قائمه	Periodic Comets	المذنبات الدورية
Ophiuchus	+ الحواء	Periodicity of Sun Spots	دورية كلف الشمس
Opposition	الاستقبال	Perseus	+ برشاوش
Orbit of Planet	مدار كوكب سيار	Personal equation	المعادلة الشخصية
« « double star	مدار نجم مزدوج	Perturbations	اضطراب حركة سيار.
		Phases of Moon	أوجه القمر

Maria on Moons surface	البهار على سطح القمر	Mizar	نجم في ذكبه الدب الأكبر
Mars	المريخ	Monoceros	+ موحيد القرن
Mass Function	دالة الكتلة	Month Lunar	الشهر القمري
Mean place of star	الموضع الوسطي لنجم	Motion of Planets	حركة الكواكب
Mean Sun	الشمس الوسطى	« in resisting medium	الحركة في وسط مقاوم
Mensa	+ الجبل المائدى	Multiple Stars	النجوم المتناغفه
Mercury	عطارد	Musca	+ النحلة
Meridian	خط الزوال	Nadir	النظير أو سمت القدم
Meridian Circle	الدائرة الزواليه	Neap tides	أوطى جزر
« Photometer	الفوتومتر الزوالى	Nebulae	السداشم السدم
Meteors	الشهب — النيازك	« Extragalactic	« الخارجه عن المجرة
Metonic Cycle	دورة ميتون	« Spiral	« الحلزونية
Micrometer	الميكرومتر	« galactic	« المجريه
« filar	الميكرومتر الخيطى	« lenticular	« العدسيه
Microscopium	+ الميكروسوب	« globular	« الكرويّه
Milky Way	المجرة — سكة الثبانة	« planetary	« الكوكبيه
Minor Planets	النجمات أو الكويكبات	Nebulium	نيبوليوم

Lacerta	+ الورل	Longitude Celestial	خط الطول السماوي
Latitude Celestial	خط العرض السماوي	Longitude Galactic	خط الطول المجري
Latitude Galactic	خط العرض المجري	Loss of Mass by Radiation	فقدان الكتلة بالإشعاع
Latus Rectum	الوتر البؤري العمودي	Luminosity of Stars	زهو النجوم
Law of Universal Gravitation	قانون الجاذبية العام	Lunar Month	الزهر القمري
Leo	+ الأسد	Lupus	+ السبع
Leo Minor	+ الأسد الصغير	Lynx	+ الفهد
Leonid Meteor storms	وابل الشهب الأسدية	Lyra	+ السايكس
Lepus	+ الأرنب	Magellanic Clouds	السحب المجلانية
Libra	+ الميزان	Magnetic Storms	العواصف المغناطيسية
Libra first point of	نقطة الاعتدال الخريفي	Magnitudes Absolute	الأكفاد المطلقة
Librations of the moon	نودان القمر	« apparent	« الظاهرية
Light - Ratio	نسبة الضوء	« Bolometric	« الاشعاعية (الحرارية)
Light year	السنة الشمسية	« Photographic	« الفوتوغرافية
Line of sight Velocity	السرعة في اتجاه خط البصر	« Visual	« البصرية
Local Cluster	جمع محلي	Main Sequence	التابع الرئيسي
Long Period Variables	المتغيرات الطويلة الدورة	Malus	+ المصاري

Finder	منظار باحث	Helical rising	الشروق الاحترافي
Fitting	تركيب	Heliometer	هليومتر
Flash Spect.	طيف الوميض	Hercules	+ الجاني
Flocculi Solar	الزغب الشمسي	Horizon	الافق
Foculas Solar	شعيلة	Horologium	+ الساعة ذات البندول
Fomalhaut	+ قم الحوت الجنوبي	Hour angle	الزاوية الساعية
Fornax	+ القرن البكمي	Hydra	+ الشجاع
Galactic, Absorption, concentration, Latitude, longitude, Plane, System	الامتصاص المجري. التركيز النجمي في المجرة. العرض المجري. الطول المجري. مستوى المجرة. النظام المجري	Hydrus	+ ثعبان البحر الجنوبي
Galactic Concentration of Stars	التركيز المجري للنجوم	Indus	+ الهندي
Gemini	+ التوأمان	Inequality	تفاوت في حركة القمر
Giants	عمالقه	Interferometer Stellar	مقياس التداخل النجمي
Gnomon	الغومون	Interpolation	استكمال من الداخل
Greenwich primevertical	الرأسية الأولى لجرينتش	Interstellar Matter	المادة في الفضاء النجمي
Grus	+ الكركي	Invariable Plane	تلمستوي الغير ثابت
Harvest Moon	بدر الحصاد	Ionisation in stellar atmosph.	أين المادة في أجواء النجوم
		Irregular Variables	المتغيرات الغير منتظمة
		Jupiter	المشتري

Eclipsing binaries	الناتبات الكسوفية
Ecliptic	الدائرة الكسوفية
Effective Temp.	درجة الحرارة المكافئة
Elongation	استطالة
Ellipticity	أنبعاج أو أهليلجية
Emission	انبعاث
Enhanced lines	الخطوط المقواة
Epicycle	فلك التدوير
Epicycle planetary	فلك التدوير للسيارات
Epoch	عهد
Equation, annual of moon	معادلة القمر السنوية. معادلة المركز
of centre, personal equation	المعادلة الشخصية، معادلة الزمن
of time.	
Equinox, autumnal, vernal	الاعتدال الخريفي الاعتدال الربيعي
Equipartition of Energy	التقسيم المتساوي للطاقة
Equuleus	الفرس الأصغر
Eridanus	النهر
Errors Accidental	الأخطاء العارضة

Error-Level	خطأ التسوية
Errors Systematic	الأخطاء النظامية
Evection	تغير الاختلاف المركزي لمدار القمر
Evolution Stellar	التطور النجمي
Expansion of Universe	تعدد الكون
Extrapolation	استكمال من الخارج
Eye piece	عينية
Eye Binocular piece	منظار، زوج العينية
Eye Diagonal piece	عينية أمراكية
Eye Monocentric piece	العينية الموحدة المركز
Eye piece Orthoscopic	عينية أرتوسكوبية *
Eye piece Ramsden	عينية رامسدن
Faculae Solar	شعاع شمسية
Filar Micrometer	الميكرومتر الخيطي

* وبواسطتها يمكن رؤية الأشياء بحالتها الأصلية أي أن الصورة تكون خالية من آثار الانعكاس والالتواء وتأثير اللون

Cosmogony theories	النظريات الكونية	Denebola	* الصرفة
Counterpoise rod	قضيب الأتزان	Delphinus	♠ الدلفين
Counterpoise weight	ثقل الأتزان	Diaphram	حاجز
Crater	♠ الباطية	Diffuse	منتشر - مشتت
Craters, lunar	الفوهات القمرية	Dip of horizon	أنخفاض الأفق
Cross proper motions	الحركة الذاتية العرضية	Displacement of Spect. line	زحزحة الخطوط الطيفية
Cross radial Vel.	السرعة القطرية العرضية	Dorado	♠ السمك المذهب
Crux	♠ الصليب الجنوبي	Double Stars	النجوم المزدوجة
Culmination, lower,	العبور السفلى	Draco	♠ التنين
« upper	العبور العلوى	Dwarf stars	النجوم الأقزام
Cusps of moon	طرفا الهلال	Dubhe	نجم من الدب الأكبر
Cygnus	♠ الدجاجة	Earth's Shine	ضوء الأرض
Day, apparent Solar, Astron-	اليوم الشمسي الظاهري . الفلكي .	« way	أتجاه الأرض
omical, civil, Siderial	المدني , النجمي	Easter Day	عيد الفصح
Dead reckoning position	الموضع بالتقدير الجسائي	Eccentricity	الاختلاف المركزي
Deferent	فلك التدوير الأول	Eclipse, solar	كسوف الشمس
Deneb	« الردهب	« lunar	خسوف القمر
		« limits	حدود الكسوف أو الخسوف

Capella	هـ العيوق	Circumpolar Stars	النجوم المحيطة بالقطب
Capricorn Tropic of	مدار الجدى	Cluster open , moving	جمع مفتوح متحرك
Capricornus	+ الجدى	Collimation Axis	محور التطبيق
Carina	+ القرينة	Collimation error	خطأ التطابق المحورى
Cassiopeia	+ ذات الكرسي	Collimator	مطابق المحور
Castor	هـ رأس التوأم المقدم	Colour Index	دليل اللون
Celestial equator	دائرة المعدل	Columba	+ الحمامة
Celestial sphere	الكرة السماوية	Colure , equinoxial	الدائرة الساعية الاعتدالية
Centaurus	+ قنطورس	Coma Berenices	+ شعر برنيقة
Cepheid Variables	المتغيرات القيفاوية	Comets ,	المدنبات
Cepheus	+ قيفاوس	Conjunction, inferior, superior	الأقتران الداخلى والخارجى
Cetus	+ قيطر	Constellations	كوكبات
Chamaeleon	+ الحرباء	Corona Australis	+ الأكليل الجنوبى
Chromatic Aberration	الزيف اللوى	Corona Borealis	+ الأكليل الشمالى
Chromosphere , Solar	الكرة اللونية للشمس	Corona, Solar	أرنبال الشمس
Chronograph	مسجل الزمن	Correlation	ارتباط
Circenus	+ البركار	Corvus	+ العراب

Vulpecula

White Dwarfs

Year

- « Anomalistic
- « Civil
- « Siderial
- « tropical

الشمس

أقزام بيضاء

السنة

- الفلكية
- المدنية
- النجمية
- الشمسية

Zenith

« distance

« telescope

Zodiac

Zodiac signs

Zodiacal light

Zone time

سمت الرأس

البعد السمتي

المنظار السموي

دائرة البروج

البروج

النوء البروجي

وقت المنطقة

محتويات الكتاب

مقدمة

الباب

٩	اختلاف منظر السماء باختلاف زمان الراصد ومكانه	الأول
	الكرة السماوية - الاتجاهات والمستويات الرئيسية -	
	تعيين موقع جرم سماوي - الأجرام السماوية .	
٢٨	النظام الشمسي : الكواكب السيارة - فرض بطليموس -	الثاني
	نظريه كبرنيق - قوانين كبلر - قانون الجاذبية العام	
٥٩	الشمس - الأرض - القمر	الثالث
	حركة الشمس الظاهرية - تقهقر الاعتدالين - اختلاف	الرابع
	طول الليل والنهار - الفصول الفلكية - كسوف الشمس	
	وخسوف القمر - المد والجزر - الشفق .	
١١٢	مقاييس الزمن الفلكية . اليوم الشمسي الحقيقي الخ .	الخامس
	النجوم : الكواكب النجمية . أقدار النجوم . بعدها .	السادس
	حركاتها الذاتية . النجوم المزدوجة والثلاثية والمركبة .	
	النجوم المتغيرة والجديدة . النظام المجري . الجموع	
	النجمية .	
١٧١	السدائم المشتتة والمعتمة والكوكبية . السدائم اللابجورية	السابع
١٨	المناظر والمطياف	الثامن
٢٠١	انكسار الأشعة الضوئية وزيف الضوء	التاسع
٢٠٧	نظريات كونية : تطور السدائم . النجوم المزدوجة .	العاشر
	النجوم العملاقة والاقزام . الأشعاع النجمي . مولد	
	الأرض وأخواتها السبارات . عمر الأرض	
٢٢٢	الفلك عند المصريين القدماء وعند العرب	الحادي عشر
	مرادفات فلكية	الثاني عشر